Deutscher Bundestag **Drucksache 15/270**
15. Wahlperiode 18. 12. 2002

Unterrichtung
durch die Bundesregierung

Waldzustandsbericht 2002
– Ergebnisse des forstlichen Umweltmonitorings –

Inhaltsverzeichnis

Zugeleitet mit Schreiben des Bundesministeriums für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft vom 20. Dezember 2002 gemäß Beschluss des Deutschen Bundestages vom 23. September 1993 – Drucksache 12/4943.

Zusammenfassung und Wertung

Vor 20 Jahren erschien der erste Bundesbericht über die „Waldschäden durch Luftverunreinigung“. 1984 wurde der Waldzustand erstmalig bundesweit systematisch nach einem einheitlichen Verfahren erfasst. Die Waldschadenserhebung wurde damit zum Ausgangspunkt für ein intensives forstliches Umweltmonitoring, dessen Ziel es ist, den Gesundheitszustand des Waldes möglichst umfassend zu erfassen. Gleichzeitig wurden zahlreiche Maßnahmen ergriffen, um Luftqualität und Waldgesundheit zu verbessern sowie um die Abläufe in den Waldökosystemen besser zu verstehen.

Das Ergebnis dieser Anstrengungen kann sich sehen lassen: Die Luftqualität konnte erheblich verbessert werden. Insbesondere der Ausstoß von Schwefeldioxid, dessen negative Wirkungen auf den Wald bereits früh erkannt wurde, konnte maßgeblich verringert werden. Vegetationsschäden durch hohe Schwefeldioxidkonzentrationen treten in Deutschland nur noch selten auf. Mit der Verringerung der Schwefeldioxidemissionen sank auch die Säurebelastung für die Waldböden. Die Anstrengungen und Investitionen zur Luftreinhaltung haben sich daher gelohnt.

Dennoch ist bei weitem kein befriedigender Zustand erreicht:

- Die im Jahr 2002 durchgeführte Waldschadenserhebung für Deutschland zeigt:
  - Insgesamt, d. h. im Durchschnitt über alle Baumarten, weisen – seit 1995 nahezu unverändert – 21 % der Waldfläche deutliche Nadel-/Blattverluste auf (Schadstufen 2 bis 4). Der Anteil deutlicher Nadel-/Blattverluste erreichte 1991 einen Höchststand (30 %) und ging bis 1995 auf 23 % zurück. Seit 1995 hat er sich zwar stabilisiert, aber nicht mehr wesentlich verbessert.
  - Dies spiegelt sich bei den flächenmäßig bedeutendsten Baumarten wider: Nahezu unverändert weisen 26 % der Fichtenfläche, 13 % der Kiefernfläche und 32 % der Buchenfläche deutliche Nadel-/Blattverluste auf.
  - Lediglich bei der Eiche, der bisher am stärksten betroffenen Hauptbaumart, ist eine deutliche Besserung eingetreten: Der Anteil deutlicher Blattverluste ging seit dem Höchststand (1996/97: 47 %) auf 29 % (2002) zurück. Allerdings liegt das Schadniveau immer noch mehr als dreimal so hoch wie zu Beginn der Waldschadenserhebung (1984: 9 %).
- Der Ausstoß von Luftverunreinigungen wurde zwar deutlich verringert, gemessen an der Belastbarkeit der Ökosysteme ist er aber immer noch zu hoch. Dies gilt insbesondere für versauernde und eutrophierende Luftverunreinigungen (v. a. Stickstoffoxide und Ammoniak).
- Die über Jahrzehnte in den Waldböden angesammelten Einträge von Schwefel und Stickstoff aus der Vergangenheit werden noch lange eine kritische Altlast bleiben.
- Es zeigt sich immer deutlicher, wie tief greifend Luftverunreinigungen die Waldökosysteme beeinflussen: Jahrzehntelang anhaltende Einträge von Schwefel und Stickstoff haben z. B. in den Waldböden zu langfristig wirksamen Veränderungen geführt. Viele Waldböden haben erhebliche Anteile ihrer Nährstoffe verloren und versauern. Damit geht auch eine Belastung des Sickerwassers einher.

Die Bundesregierung hält daher nach wie vor eine konsequente Luftreinhaltepolitik für dringend geboten. Diese ist Teil eines umfassenden Konzeptes zur langfristigen Sicherung unserer natürlichen Lebensgrundlagen. Darin ergänzen sich Maßnahmen zur Luftreinhaltung, zum Klimaschutz, zur Energiewende, zur Neuausrichtung der Agrarpolitik sowie der Forstpolitik.

- In den Bereichen Luftreinhaltung, Klimaschutz und Energiewende sind wesentliche Weichenstellungen erfolgt. Neben zahlreichen Maßnahmen im Bereich des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Industrie, technische Anlagen) sowie im Verkehrssektor, bewirkt insbesondere das im Rahmen der Energiewende eingeleitete Maßnahmenbündel zur Energieeinsparung und zum Klimaschutz unmittelbare Emissionsminderungen. Es enthält vielfältige Anreize zum Energiesparen sowie zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energieträger.
- Die neue Agrarpolitik ist Teil dieses ganzheitlichen Ansatzes und kommt auch dem Wald zugute. Ein wesentliches Element ist dabei die Nachhaltigkeit in der Agrarproduktion. Ziel ist es, die Erzeugung hochwertiger Lebensmittel und nachwachsender Rohstoffe zu fördern und gleichzeitig den Natur-, Umwelt- und Tierschutz zu stärken. Dabei stehen insbesondere folgende Maßnahmen im Mittelpunkt: Die verstärkte Förderung des ökologischen Landbaus, eine Verringerung der Nutztierdichte sowie gezielte, zusätzliche Maßnahmen zur Emissionsminderung.
- Zentrales Anliegen der Forstpolitik von Bund und Ländern ist es, die Waldökosysteme mit ihren Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen und ihrer biologischen Vielfalt zu erhalten. Bei der langfristigen Sicherung dieser natürlichen Lebensgrundlage sind unter anderem folgende Maßnahmen besonders wichtig: Die Umsetzung einer naturnahen Waldbewirtschaftung auf möglichst großer Fläche, die Bodenschutzkalkung zur Abpufferung von Säureeinträgen, die Erhaltung der genetischen Vielfalt der Wälder sowie die verstärkte Nutzung von Holz als umweltfreundlichem, nachwachsendem Rohstoff.

Der Bericht kann auch im Internet eingesehen werden (http://www.verbraucherministerium.de, Rubrik: Forst und Jagd).

I Einführung

I.1 Wald erfüllt wichtige Funktionen

Wald ist wichtig für alle: Er nimmt fast ein Drittel der Gesamtfläche unseres Landes ein und erfüllt vielfältige Funktionen: Er liefert den umweltfreundlichen und vielseitig verwendbaren Rohstoff Holz, er schützt den Boden vor Erosion, reinigt Wasser und Luft, wirkt ausgleichend auf das Klima und dient als Lebensraum für viele Pflanzen- und Tierarten. Der Wald spielt damit auch eine wichtige Rolle bei der Sicherung der biologischen Vielfalt. Darüber hinaus bietet er Schutz vor Naturgefahren (z. B. gegen Geröllabgänge oder Lawinen) und vielfältige Möglichkeiten für Entspannung und Erholung. Die nachhaltige Waldbewirtschaftung sichert Einkommen und Arbeitsplätze in Forst- und Holzwirtschaft und trägt zu einer vielseitigen Struktur ländlicher Räume bei. Regional haben die Funktionen der Wälder unterschiedliches Gewicht.

Damit die Wälder die vielfältigen Nutz-, Schutz- und Erholungsfunktionen nachhaltig erfüllen können, müssen sie ökologisch stabil sein. Eine hohe Widerstandsfähigkeit bietet zwar keine Sicherheit gegen Stresssituationen (z. B. Immissionen, Trockenheit, etc.) und Schadereignisse (z. B. Stürme, Insektenbefall), verbessert aber die Chancen der Waldökosysteme, solche Belastungen zu überstehen. Es ist daher ein Kernanliegen der Forstpolitik, Wälder mit hoher Widerstandskraft gegen Witterungsextreme, Schaderreger und Schadstoffeinträge, einem großen Anpassungspotenzial gegen Klimaänderungen und gleichzeitig hoher Produktivität zu erhalten und zu fördern. Daraus ergeben sich hohe Anforderungen an die Waldbewirtschaftung. Ziel ist daher eine naturnahe Waldbewirtschaftung, möglichst auf der gesamten forstwirtschaftlich genutzten Fläche in Deutschland.

Wald ist mehr als die Summe von Bäumen

Wälder sind komplexe Systeme. Sie bestehen aus zahlreichen lebenden und unbelebten Bestandteilen, deren Zusammenwirken durch verschiedene Einflüsse gesteuert wird. Aufbau- und Abbauprozesse sind durch vielfältige Stoffkreisläufe und Energieflüsse miteinander verbunden. Diese Vorgänge unterliegen gleichzeitig auch äußeren Einflüssen wie z. B. Witterung, waldbaulichen Maßnahmen und Luftverunreinigungen. Diese äußeren Einflüsse wirken sich auf das gesamte Ökosystem aus. Die Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung sind sehr vielfältig und daher schwierig zu erforschen. Einerseits beeinflussen sich verschiedene Faktoren gegenseitig, andererseits sind auch die Waldökosysteme nicht gleichförmig: Auf kleinstem Raum können Umweltfaktoren (z. B. Boden, Kleinklima, Geländeausprägung etc.) und damit auch die Lebensbedingungen für die jeweilige Waldvegetation stark wechseln. Im Ergebnis reagieren scheinbar gleiche Vegetationsformen bzw. Waldökosysteme z. T. völlig unterschiedlich auf gleichartige Einflüsse. Diese Komplexität der Waldökosysteme und der in ihnen ablaufenden Prozesse stellen daher immer noch eine große Herausforderung für die Waldökosystemforschung dar.

Das Prinzip der Nachhaltigkeit – geboren aus einer Krise

Die Besiedlungsgeschichte zeigt, dass der Wald zunächst nur dort gerodet wurde, wo sich dadurch gute landwirtschaftliche Nutzungsmöglichkeiten ergaben. Später wurde der Wald dann aber mit wachsender Bevölkerung mehr und mehr zurückgedrängt. Diese Entwicklung fand ihren Höhepunkt im ausgehenden Mittelalter. Die Wälder wurden durch rücksichtslose Holzgewinnung, Waldweide und Streunutzung insbesondere im Einzugsbereich von Siedlungen so stark degradiert, dass das Holz knapp wurde und zum Teil ganze Landstriche verödeten. In dieser Zeit wurden die ersten Anweisungen zur pfleglichen Nutzung und zur Erhaltung des Waldes erlassen. Aus der Not heraus entwickelte sich die Erkenntnis, dass nur so viel Holz genutzt werden darf, wie nachwächst. Gleichzeitig wurde damit begonnen, ehemalige, infolge von Übernutzung degradierte Waldflächen wieder aufzuforsten. Der heutige „Wirtschaftswald“ ging aus diesen Aufforstungen und den Resten der damals noch vorhandenen Waldbestände hervor.

Dies war die Geburtsstunde des Nachhaltigkeitsgedankens und der Ausgangspunkt einer inzwischen fast 300-jährigen Entwicklung hin zu einer nachhaltigen Forstwirtschaft. Zunächst stand – aus der Situation heraus – die Nachhaltigkeit der Holzerzeugung im Vordergrund. Heute wird der Begriff der Nachhaltigkeit wesentlich umfassender verstanden und beinhaltet eine dauerhafte Erfüllung aller Waldfunktionen, d. h. der ökonomischen, ökologischen und sozialen Wirkungen und Leistungen des Waldes. Dazu zählen auch die Bodenfruchtbarkeit und der Artenreichtum.

I.2 Vegetationsschäden infolge von Luftverunreinigungen sind kein neues Phänomen

Schon frühe Berichte machen Rauchgase für Vegetationsschäden in der Nähe von Industrieanlagen verantwortlich. Eine der ersten wissenschaftlichen Untersuchungen dazu wurde 1853 veröffentlicht: Der Chemiker Julius Adolph Stöckhardt vom damaligen Institut für Rauchschadensforschung in Tharandt führt darin akute Schäden an Waldbäumen (hier: Fichten und Kiefern) auf das bei der Erzverhüttung frei werdende Schwefeldioxid („Rauchgas“) zurück.

Seitdem werden derartige Schäden als „Klassische Rauchschäden“ bezeichnet; sie wurden in den letzten Jahrzehnten mit zunehmender Verschärfung der Luftreinhaltemaßnahmen immer seltener. Gleichwohl aber wurden z. B. die Waldschäden im Erzgebirge aufgrund der damals gegebenen, extremen Luftbelastung mit Schwefeldioxid bis Anfang der 90er-Jahre diesem Schadtyp zugeordnet.

Neuartige Waldschäden

Gegen Ende der 70er-Jahre des 20. Jahrhunderts wurden ähnliche Schadsymptome beobachtet. Allerdings traten diese – im Gegensatz zu den bis dahin bekannten, klassischen Rauchschäden im Nahbereich von Emittenten – großflächig und zudem fernab von Industrieanlagen auf.

Diese so genannten „Neuartigen Waldschäden“ stehen – wie allerdings erst später deutlich wurde – in Verbindung mit einem veränderten Emissions- und Immissionsgeschehen. Infolge des industriellen Aufschwungs nach dem Zweiten Weltkrieg stiegen einerseits die Emissionen deutlich an, andererseits führte die „Hochschornsteinpolitik“ der 60er-Jahre erstmalig zu einer großräumigen Verfrachtung und Verteilung der Luftverunreinigungen. Die dabei entstehende Verdünnung der Luftverunreinigungen sowie deren chemischen Reaktionen in der Luft führte zu neuen, bis dahin unbekannten Wirkungen und Symptomen in den betroffenen Waldökosystemen: Anstelle der akuten Schäden durch Einwirkung hoher Gaskonzentrationen klassischer Rauchgasschäden traten die indirekten Wirkungen durch langfristige Einträge von Säuren (v. a. aus Schwefel- und Stickstoffverbindungen, so genannter „Saurer Regen“).

Tanne und Fichte reagierten als erste Baumarten mit äußerlich sichtbaren, zunächst unerklärbaren Symptomen:

– Verlichtung der Baumkronen,

– Vergilbung von Nadeln und Blättern sowie

– Veränderung der Verzweigungsstruktur der Bäume.

Innerhalb weniger Jahre erfassten diese „Neuartigen Waldschäden“ aber auch nahezu alle anderen Baumarten. Betroffen waren insbesondere höhere Lagen der Mittelgebirge, wo örtlich sogar die Wälder abzusterben begannen. Angesichts abgestorbener Waldbestände (z. B. im Harz und Erzgebirge) wurde damals ein großflächiges „Waldsterben“ befürchtet. Dieses ist bisher glücklicherweise nicht eingetreten, wozu die ergriffenen Gegenmaßnahmen wesentlich beigetragen haben.

Luftreinhaltung ist eine entscheidende Voraussetzung für den Erhalt gesunder Wälder

Waldschadens- und Waldökosystemforschung haben gezeigt, dass die Neuartigen Waldschäden durch eine Vielzahl von Einflussfaktoren verursacht werden, die regional und zeitlich (d. h. von Jahr zu Jahr) z. T. sehr unterschiedlich ausfallen und einwirken. Luftverunreinigungen (v. a. Schwefeldioxid, Stickstoffoxide und Ammoniak) sowie die unter maßgeblicher Mitwirkung der Stickstoffoxide gebildeten aggressiven Photooxidantien und Ozon spielen dabei eine Schlüsselrolle.

Natürliche Einflussfaktoren stehen in Wechselwirkung mit den Luftverunreinigungen: Witterungsextreme (z. B. Trockenstress) verschärfen den Stress für die Wälder. Schaderreger (z. B. Insekten und Pilze) können sich leichter ausbreiten und belasten den Wald ihrerseits.

Infolge einer konsequenten nationalen und internationalen Luftreinhaltepolitik gingen Schwefeldioxidkonzentrationen und auch die Säureeinträge in die Wälder erheblich zurück. Dennoch sind die Gefahren für die Waldökosysteme noch nicht gebannt. Trotz der Erfolge der Luftreinhaltepolitik erreicht die Ozonbelastung vielfach vegetationsschädliche Spitzenwerte und liegen die eutrophierenden und versauernden Stoffeinträge für viele Waldökosysteme immer noch zu hoch. Außerdem haben sich in den Waldböden die Schadstoffeinträge von Jahrzehnten angesammelt.

Hinzu kommt, dass sich – infolge des Anstiegs der globalen atmosphärischen Durchschnittstemperatur (Klimaänderung) – zusätzliche Stresssituationen für die mitteleuropäischen Waldökosysteme abzeichnen, z. B. Verschiebungen der Konkurrenzverhältnisse zwischen den Baumarten, Zunahme von Witterungsextremen sowie von Massenvermehrungen forstschädlicher Insekten. Wie sich die Ausdünnung der stratosphärischen Ozonschicht bzw. eine erhöhte UV-Einstrahlung auf unsere Waldökosysteme auswirkt, lässt sich derzeit nicht abschätzen.

II Das forstliche Umweltmonitoring: Aufbau und Bedeutung

Die beobachteten Waldschäden führten zu raschem Handeln auf nationaler und internationaler Ebene. Die bereits in den 70er-Jahren eingeleiteten und zwischenzeitlich immer wieder weiterentwickelten Schritte zur Luftreinhaltung und Überwachung der Waldschäden sind auch heute noch wichtig und werden weitergeführt. Ein Beispiel ist dieser Bericht und die ihm zugrunde liegende Waldschadenserhebung: Seit 1984 führen die Länder die Waldschadenserhebung nach einem einheitlichen, von Wissenschaftlern entwickelten und vom Bund koordinierten Verfahren durch. Da derartige Waldschäden in anderen Staaten gleichfalls beobachtet wurden, finden seit 1986 Waldschadenserhebungen auch auf europäischer Ebene statt. Zwischenzeitlich wurde dieses Instrument um zahlreiche weitere Elemente und Beobachtungsebenen erweitert. Das so genannte forstliche Umweltmonitoring ist derzeit eines der umfassendsten Biomonitoringverfahren in Europa.

Das forstliche Umweltmonitoring ist ein Instrument, um den Waldzustand zu beobachten, Veränderungen festzustellen und die Ursachen dieser Veränderungen besser zu verstehen. Dazu werden im Wald verschiedene Parameter erfasst. Das forstliche Umweltmonitoring wurde von Wissenschaftlern der beteiligten Disziplinen erarbeitet und wird mit Blick auf den technischen und wissenschaftlichen Fortschritt laufend überprüft und weiterentwickelt.

In diesem Kontext steht auch der Vorschlag der Europäischen Kommission für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates für das Monitoring von Wäldern und der Umweltwechselwirkungen in der Gemeinschaft („Forest Focus“). Dabei wird angestrebt, das bisherige – im Wesentlichen auf die Wirkung von Luftverunreinigungen ausgerichtete – System auf EU-Ebene um Aspekte wie biologische Vielfalt, Klimaänderung, Kohlenstoffbindung und Bodenzustand zu erweitern. Der Verordnungsvorschlag wird derzeit im Rat der Europäischen Union sowie im Europäischen Parlament erörtert.

II.1 Aufbau des forstlichen Umweltmonitorings

Das forstliche Umweltmonitoring umfasst

– Erhebungen auf einem systematischen, ganz Deutschland überziehenden Stichprobennetz, die flächenrepräsentative Informationen über den Waldzustand und dessen Entwicklung bereitstellen (Level I) und

– intensive Untersuchung der Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Waldökosystemen und den sie beeinflussenden Faktoren auf Dauerbeobachtungsflächen (Level II und weitere Fallstudien).

Durchführung und Auswertung dieser Erhebungen obliegen den Ländern; der Bund koordiniert die Arbeiten und leitet daraus Ergebnisse für die Bundesebene ab, die u. a. auch in die Monitoringprogramme der Europäischen Union und der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa einfließen. An diesem Programm beteiligen sich 38 europäische Staaten.

Bei der Auswertung dieser Elemente werden auch Aspekte anderer Untersuchungen auf Dauerbeobachtungsflächen für Waldböden und Waldschäden berücksichtigt. Es bestehen vielfache Verbindungen zu weiteren Erhebungen, die für Auswertungen genutzt werden können. Außerdem bestehen enge Beziehungen zwischen dem forstlichen Umweltmonitoring und der Waldökosystemforschung.

Level I

Die Erhebungen auf dem systematischen Stichprobennetz (Level I) umfassen die jährliche Waldschadenserhebung und die bisher erst einmal durchgeführte Bodenzustandserhebung im Wald.

– Die Waldschadenserhebung dient dazu, mit vertretbarem Aufwand zeitnahe Aussagen über die Vitalität der Wälder und deren Entwicklung bereitzustellen. Sie ist derzeit das einzige großräumig anwendbare Verfahren, um zeitnah flächendeckende und zuverlässige Aussagen über den Waldzustand in Deutschland zu erhalten.

  Die Erhebungen auf dem systematischen Stichprobennetz (Grundraster 16 x 16 km) dienen der Erfassung des aktuellen Waldzustandes repräsentativ für die gesamte Waldfläche.

  Dabei wird der Kronenzustand (insbesondere die Kronenverlichtung sowie Vergilbung von Nadeln bzw. Blättern) von Stichprobenbäumen als Weiser für die Vitalität der Wälder ermittelt.

– Die bundesweite Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) hat zum Ziel, den Waldbodenzustand und dessen Veränderungen zu erfassen. Die BZE wurde zwischen 1987 und 1993 durchgeführt. Auf einem Teil der Erhebungspunkte wurden zusätzlich Nadel-/Blattanalysen zur Bestimmung des Ernährungszustandes der Waldbäume durchgeführt. Weiterführende Information hierzu ist erhältlich vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft oder auf der Internetseite http://www.forstliches-umweltmonitoring.de.

Level II

Dauerbeobachtungsflächen zur forstlichen Umweltkontrolle (Level II) bilden die zweite Untersuchungsebene. An einer begrenzten Zahl ausgewählter Waldstandorte werden Ursache-Wirkungsbeziehungen intensiv untersucht. Die Probeflächen sind ausgewählte Fallstudien von in Deutschland häufig vorkommenden Waldökosystemen und überwiegend in mittelalten oder älteren Waldbeständen angelegt. Sie sind damit nicht repräsentativ für die gesamte Waldfläche.

Auf den Dauerbeobachtungsflächen des Level II-Programmes werden unter anderem folgende Parameter erfasst und untersucht: Kronenzustand, phänologische Daten, Waldboden, Nadel-/Blattchemie, Baumzuwachs, Streufall, Depositionen und Luftkonzentrationen bestimmter Schadstoffe, Bodenwasser (Menge und Chemie), Bodenvegetation und Witterungsdaten; einige Länder ergänzen dies durch weitere Untersuchungen (z. B. an Wurzeln).

89 dieser Dauerbeobachtungsflächen sind seit 1994 gleichzeitig auch in das europaweite Level II-Programm der EU eingebunden (vgl. Abschnitt IV); einige dieser Flächen werden bereits seit Ende der 70er-Jahre untersucht.

Die Verfahren werden weiterentwickelt

Die Erhebungsverfahren des forstlichen Umweltmonitorings werden weiterentwickelt und bundes- und europaweit abgestimmt. Die Forschung kann somit einerseits Daten verwenden, die weitgehend nach einheitlichen Methoden erhoben wurden, andererseits kann auch bei Untersuchungen innerhalb von Forschungsvorhaben auf die eingeführten Verfahren zurückgegriffen werden. Die Qualitätssicherung umfasst die Datenerhebungen im Wald, die chemischen Analysen im Labor sowie Datenverarbeitung und -auswertung.

Mit zunehmender Datenfülle steigen Auswertungsmöglichkeiten und Aussagekraft der gesammelten Daten. Es stehen räumlich differenzierte Informationen zur Verfügung, mit deren Hilfe regionale Unterschiede deutlich und erklärbar werden. Die von den Ländern erhobenen Daten werden für Auswertungen und Forschungsarbeiten auf Landes-, Bundes- und europäischer Ebene genutzt.

II.2 Bedeutung des forstlichen Umweltmonitorings

Das forstliche Umweltmonitoring liefert neben der Information über den Waldzustand auch unverzichtbare Grundlagen zur Risikoabschätzung hinsichtlich Luftverunreinigungen: Im Ergebnis liegen für viele Waldökosysteme z. B. Erkenntnisse vor, wie sie auf Stoffeinträge reagieren und wo ihre langfristigen ökologischen Belastungsgrenzen für bestimmte Schadstoffe (z. B. Säuren) liegen. Werden diese kritischen Schwellenwerte, die so genannten „Critical loads“, über längere Zeiträume überschritten, so sind dauerhafte, nachteilige Veränderungen der betroffenen Ökosysteme zu erwarten. Diese Risikoeinschätzungen wiederum werden z. B. bei internationalen Verhandlungen als Argumentationsgrundlage und zur Entwicklung nationaler Maßnahmen für die Senkung von Immissionen genutzt. Weiterführende Information hierzu ist erhältlich vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit oder über das im Inter-

net zugängliche Umweltinformationsnetz Deutschland (http://www.gein.de).

Das forstliche Umweltmonitoring bietet der Forschung beispielsweise einen Orientierungsmaßstab für die Bewertung von Fallstudienergebnissen. Aber auch das Monitoring profitiert von den vertiefenden Untersuchungen der Forschung zu Ursachen und Wirkungen. Inzwischen erlauben die umfangreichen Datenreihen aus dem forstlichen Umweltmonitoring auch so genannte integrierende Auswertungen. Sie sollen Beziehungen zwischen dem Waldzustand und den ihn beeinflussenden Faktoren aufdecken. Dazu werden Daten aus verschiedenen Erhebungsebenen zusammengeführt und ausgewertet.

III Zustand der Wälder in Deutschland

III.1 Kronenzustand

Methode: Die Waldschadenserhebung ist eine Stichprobeninventur; sie ermöglicht flächenbezogene Aussagen über den Waldzustand in Deutschland. Dabei wird die Verlichtung der Baumkronen als Weiser für die Vitalität der Waldbäume erfasst. Anlage 1 enthält eine Beschreibung des Verfahrens der Kronenansprache.

Kronenverlichtung: Der Zustand der Belaubung bzw. Benadelung ist ein gut sichtbares Merkmal für den Gesundheitszustand der Bäume. Dieses Merkmal ist jedoch unspezifisch: Der Verlust von Blättern bzw. Nadeln ist ein Zeichen für Stress, allerdings ohne dass sich daraus Hinweise auf die Stressursachen ergeben. Art, Ausmaß und Wirkung der vielfältigen, auf den Wald einwirkenden Stressfaktoren (z. B. Witterung, Schaderreger oder hohe Schadstoffeinwirkungen) lassen sich daher nur mithilfe ergänzender Untersuchungen erfassen und einschätzen (vgl. Abschnitt III.2).

Stichprobenumfang: Für die Berechnung der Bundesergebnisse wurden im Jahr 2002 die Kronenzustandsdaten von 13 534 Probebäumen an 447 Probepunkten herangezogen. Die Stichprobe erfasst 38 Baumarten. Dabei entfallen rd. 85 % der Probebäume auf die vier Hauptbaumarten Fichte, Kiefer, Buche und Eiche. Alle übrigen Baumarten werden für die Auswertung zu den Gruppen „andere Nadelbäume“ und „andere Laubbäume“ zusammengefasst.

Zeitreihen: Die folgenden Zeitreihen stellen die Entwicklung des Waldzustandes für Deutschland seit 1984 auf der Grundlage des 16 x 16 km-Stichprobennetzes dar. Dabei sind folgende Besonderheiten zu beachten:

– Die Angaben für die Jahre bis 1989 gelten nur für die alten Länder.

– Getrennte Auswertungen der Altersgruppen jünger als 60 Jahre und älter als 60 Jahre können erst ab 1987 dargestellt werden, weil die hierzu benötigten Daten für frühere Jahre nicht vorliegen.

– 1990 wurde in Bayern und im Saarland wegen der Sturmschäden keine Waldschadenserhebung durchgeführt. Um die Zeitreihe dennoch fortsetzen zu können, wurden deren Ergebnisse aus 1989 auch für das Jahr 1990 verwendet. Damit war es möglich, auch 1990 ein Bundesergebnis zu berechnen.

III.1.1 Alle Baumarten

Im Jahr 2002 liegt der Anteil deutlicher Schäden (Schadstufen 2 bis 4) nahezu unverändert bei 21 %. In die Warnstufe (schwache Schäden) fallen 44 % der Waldfläche. Der Anteil ungeschädigter Waldfläche liegt bei 35 % (Abbildung 1).

Im langfristigen Vergleich hat sich die Situation – gemessen an den Höchstständen der deutlichen Schäden in den Jahren 1991 und 1992 (Anteil deutlicher Schäden: 30 bzw. 29 % gegenüber 21 % in 2002) – entspannt.

Mittelfristig (seit 1995) hat sich das Schadniveau (Schadstufen 2 bis 4) stabilisiert: Zum achten Mal in ununterbrochener Folge liegt es zwischen 21 und 23 %.

Die über 60-jährigen Bäume weisen bei jeder Baumart wesentlich stärkere Kronenverlichtungen auf als die unter 60-jährigen (vgl. Abbildungen 7, 11, 15 und 19).

Die Ursachen dafür liegen in den vielfältigen Stressfaktoren, denen die älteren Bäume aufgrund ihrer Größe (Baumhöhe sowie Nadel-/Blattoberfläche) besonders ausgesetzt sind. Mit natürlichen Alterungserscheinungen lässt sich dieses Phänomen jedenfalls nicht erklären: Gemessen an einer natürlichen Lebenserwartung von z. T. mehreren hundert Jahren sind z. B. 80-jährige Fichten, 120-jährige Buchen und Kiefern oder 150-jährige Eichen keineswegs alt im Sinne einer nachlassenden Vitalität. Aufgrund der forstlichen Bewirtschaftung erreichen Waldbäume in Deutschland ihre natürliche Altersgrenze nur in Naturwäldern, Bannwäldern etc.

Hinter den hier und im Folgenden genannten Mittelwerten über alle Baumarten (Abbildung 1), Altersstufen und Regionen stehen hinsichtlich Ausmaß und Trend der Kronenverlichtungen jedoch beträchtliche Unterschiede.

Wichtige regionale Entwicklungen sind in den Länderbeiträgen dargestellt (Abschnitt VI). So hat sich der Kronenzustand beispielsweise in Mecklenburg-Vorpommern, Berlin und Baden-Württemberg um 5 bzw. 6 Prozentpunkte verbessert, in Rheinland-Pfalz und Sachsen dagegen um 3 Prozentpunkte verschlechtert.

Abbildung 2 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung in 5 %-Stufen. Am häufigsten sind – wie bereits in den Vorjahren – Kronenverlichtungen zwischen 10 und 20 %, etwa die Hälfte der Waldfläche fällt in diesen Bereich. Insgesamt 91 % der Fläche weisen Kronenverlichtungen von weniger als 40 % auf. Die mittlere Kronenverlichtung liegt bei 19,1 % (Abbildung 3). Im Vergleich zum Vorjahr ergeben sich nur geringe Veränderungen.

Abbildung 1

Alle Baumarten: Entwicklung der Schadstufenanteile (bis 1989 ohne neue Länder; Stichprobenumfang 2002: 13 534 Bäume)

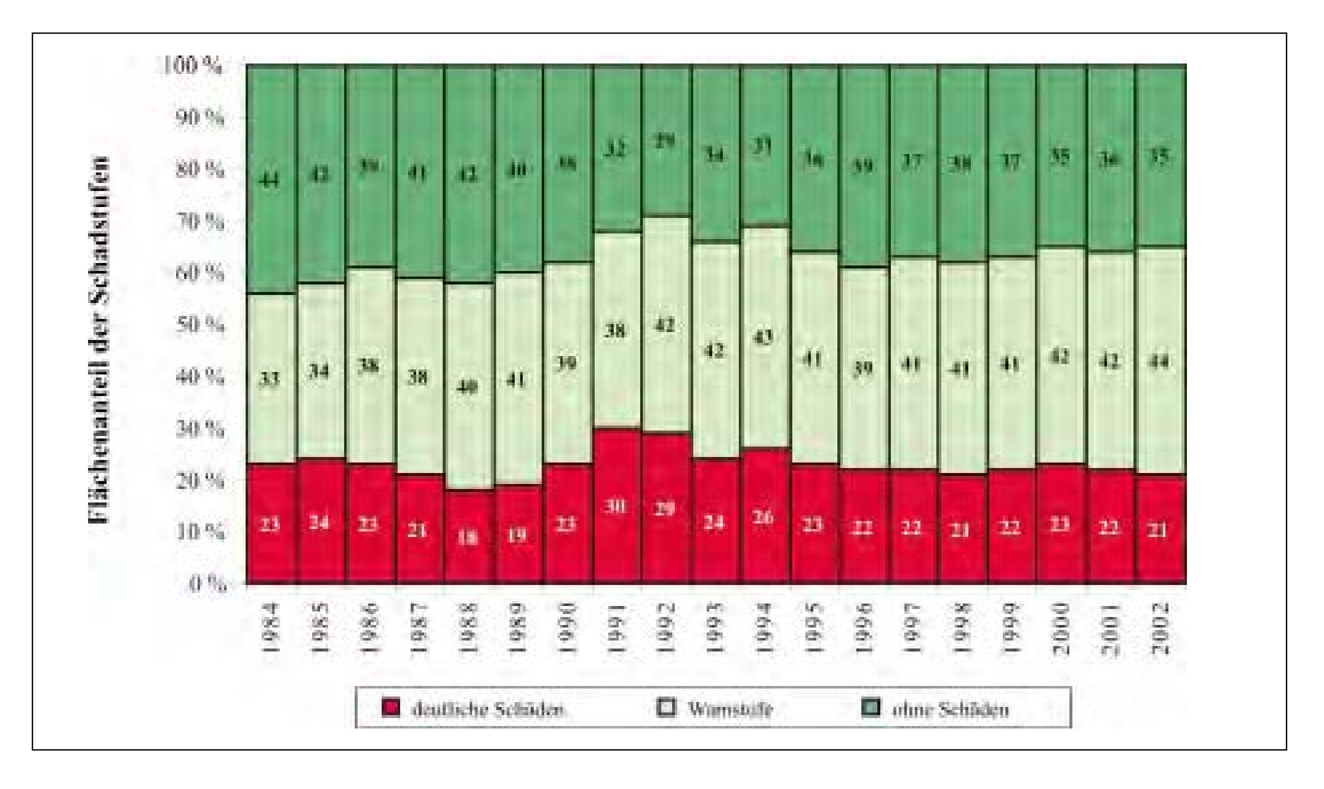


Abbildung 2

Alle Baumarten: Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung (dunkelgrün: Schadstufe 0, hellgrün: Schadstufe 1, rot: Schadstufen 2 bis 4)

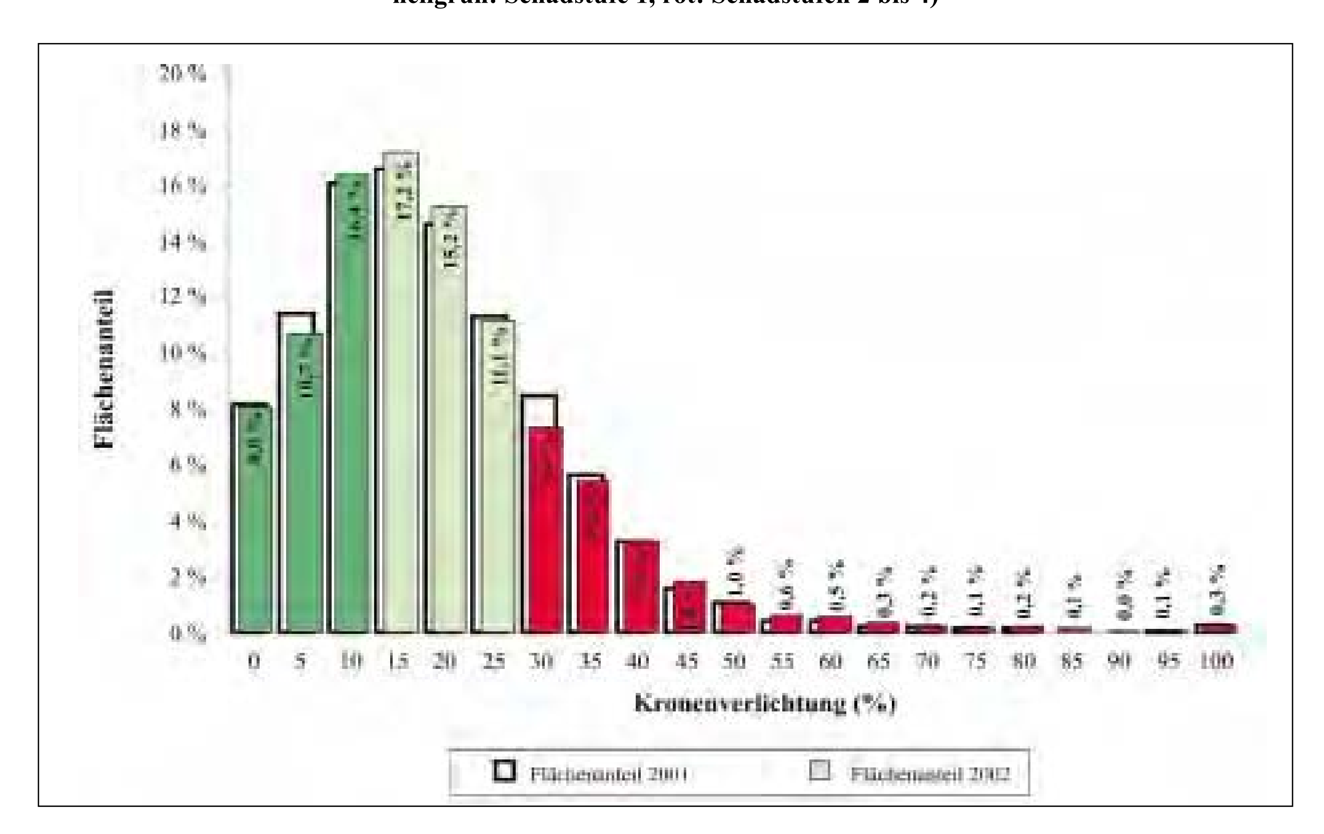
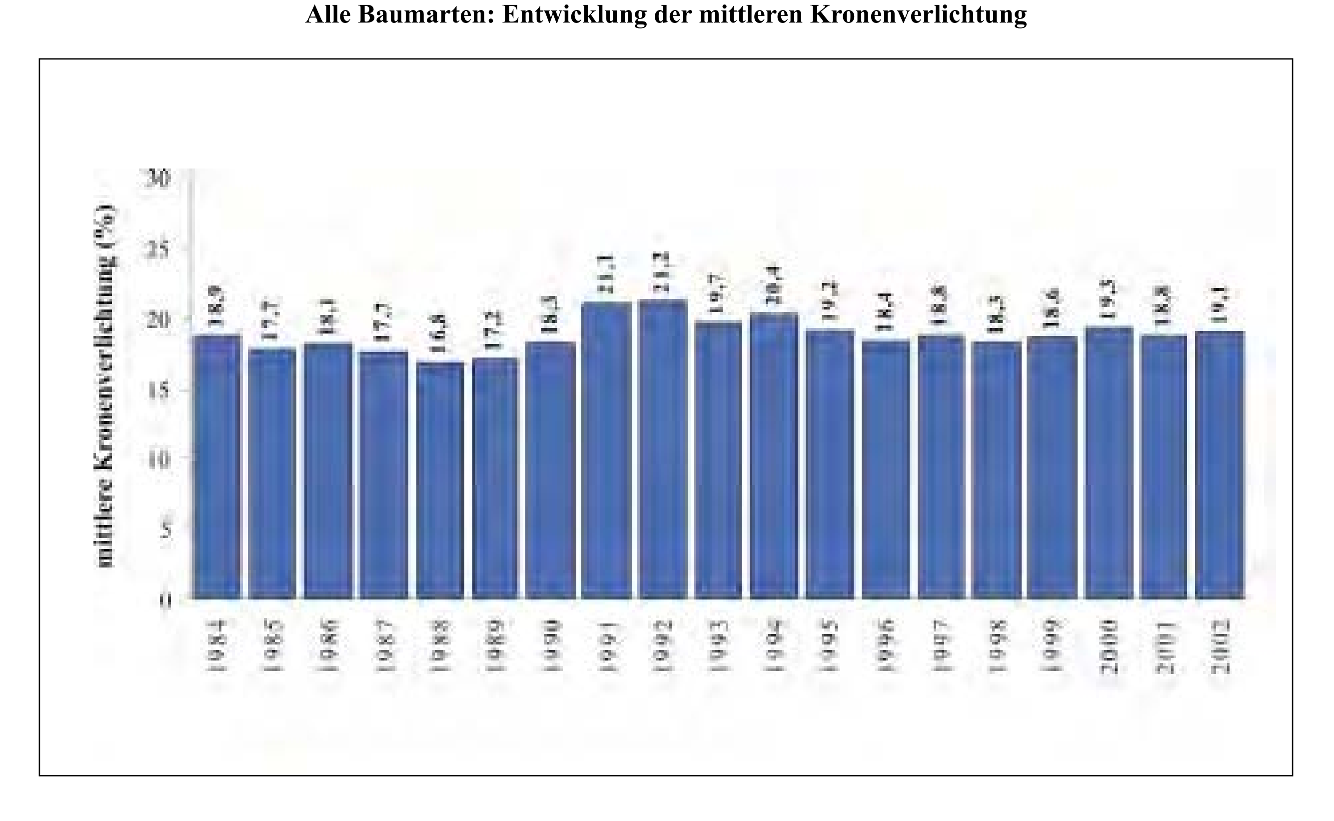


Abbildung 3

Alle Baumarten: Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung



III.1.2 Fichte

Die Fichte (Picea abies) ist die häufigste Baumart in Deutschland; sie ist auf einem Drittel der Waldfläche (33 %) anzutreffen. In diesem Jahr weisen unverändert 26 % der Fichtenfläche deutliche Kronenverlichtungen (Schadstufen 2 bis 4) auf. Auf die Warnstufe (leichte Kronenverlichtungen) entfallen 41 %. Der Anteil der Fichtenfläche ohne erkennbare Schäden liegt nun bei 33 % (vgl. Abbildung 4).

Langfristig bewegen sich die deutlichen Kronenverlichtungen bei der Fichte zwischen 19 % (1988) und 33 % (1985), seit 1990 sogar nur noch zwischen 22 % und 30 %. Phasen der Schadzunahme wechseln sich mit Entspannungsphasen ab.

Eine mittelfristige Betrachtung ergibt – je nachdem, welche Zeiträume betrachtet werden – unterschiedliche Trendaussagen:

– Bei Betrachtung der letzten fünf Jahre ergibt sich eine Stabilisierung der deutlichen Schäden zwischen 25 und 26 %.

– Unter Einbezug der letzten sieben Jahre zeigt sich dagegen ein leicht steigender Trend. Dieser ergibt sich aus der Entwicklung bei den älteren Fichten (vgl. Abbildung 7): Beginnend bei einem Tiefstand 1996 (33 %) nahm der Anteil deutlicher Kronenverlichtungen in kleinen Schritten wieder zu; allerdings liegen die Werte immer noch deutlich unter dem Höchstwert von 1985 (45 %). Der Anteil deutlicher Kronenverlichtungen bei den unter 60-jährigen blieb dagegen seit 1997 unverändert gering (5 bis 6 %).

Mittelfristig ging insgesamt der Anteil ohne erkennbare Schäden zurück (1996: 43 %; 2002: 33 %).

Abbildung 4

Fichte: Entwicklung der Schadstufenanteile (bis 1989 ohne neue Länder; Stichprobenumfang 2002: 4 644 Bäume)

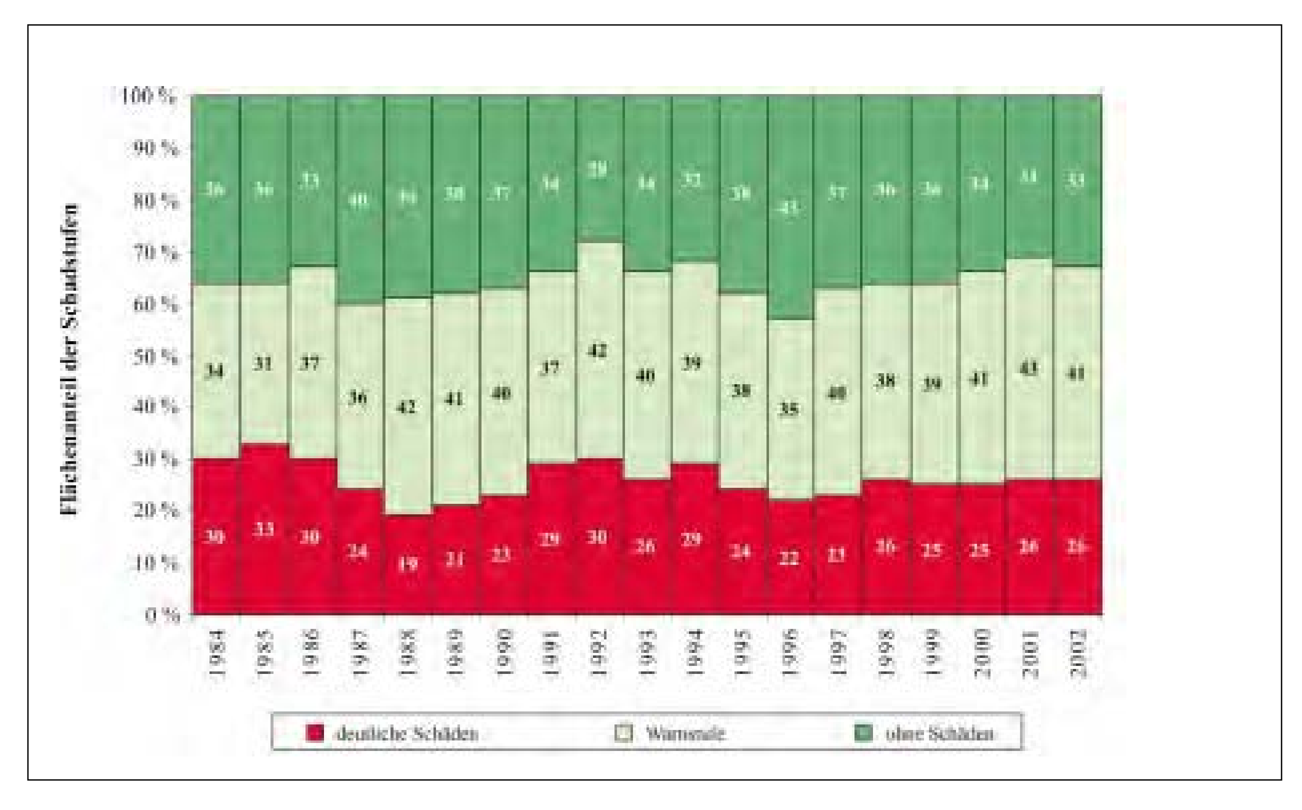


Abbildung 5

Fichte: Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung (dunkelgrün: Schadstufe 0, hellgrün: Schadstufe 1, rot: Schadstufen 2 bis 4)

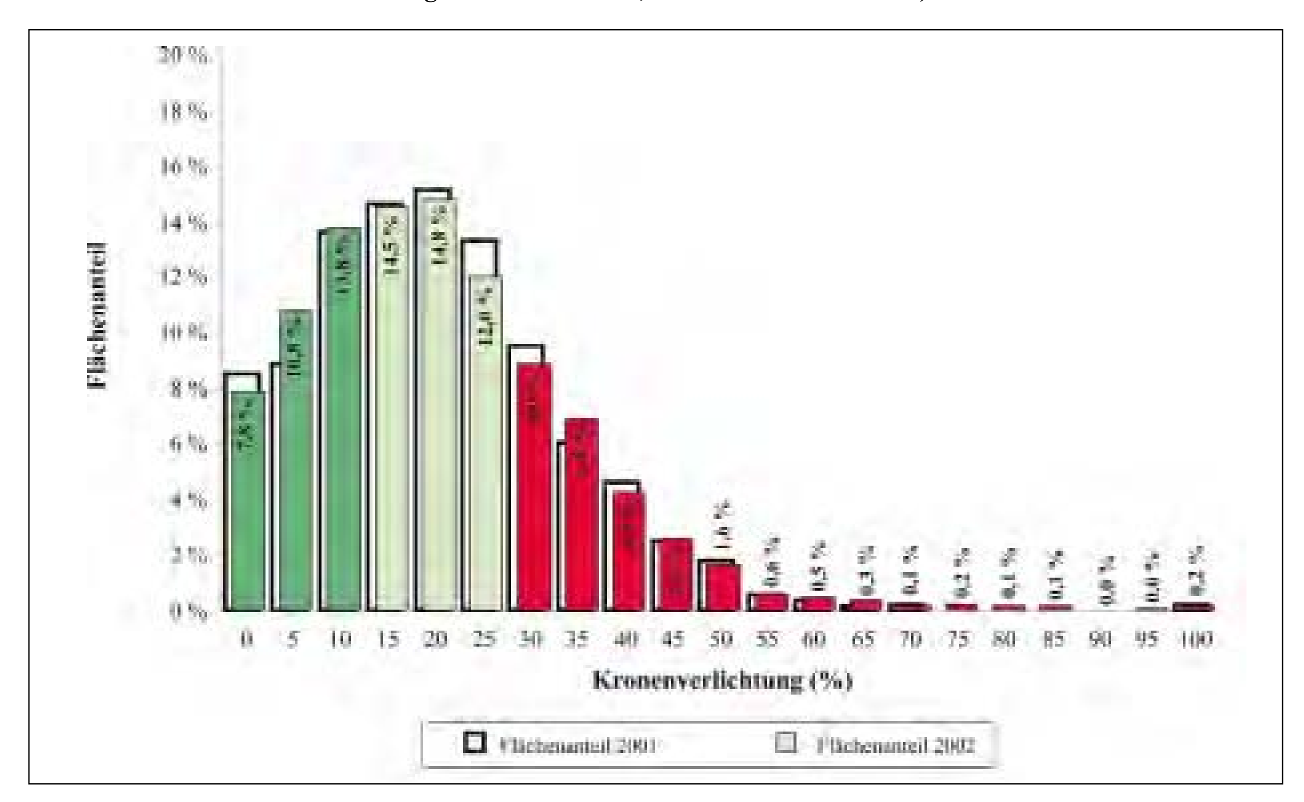


Abbildung 6

Fichte: Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung

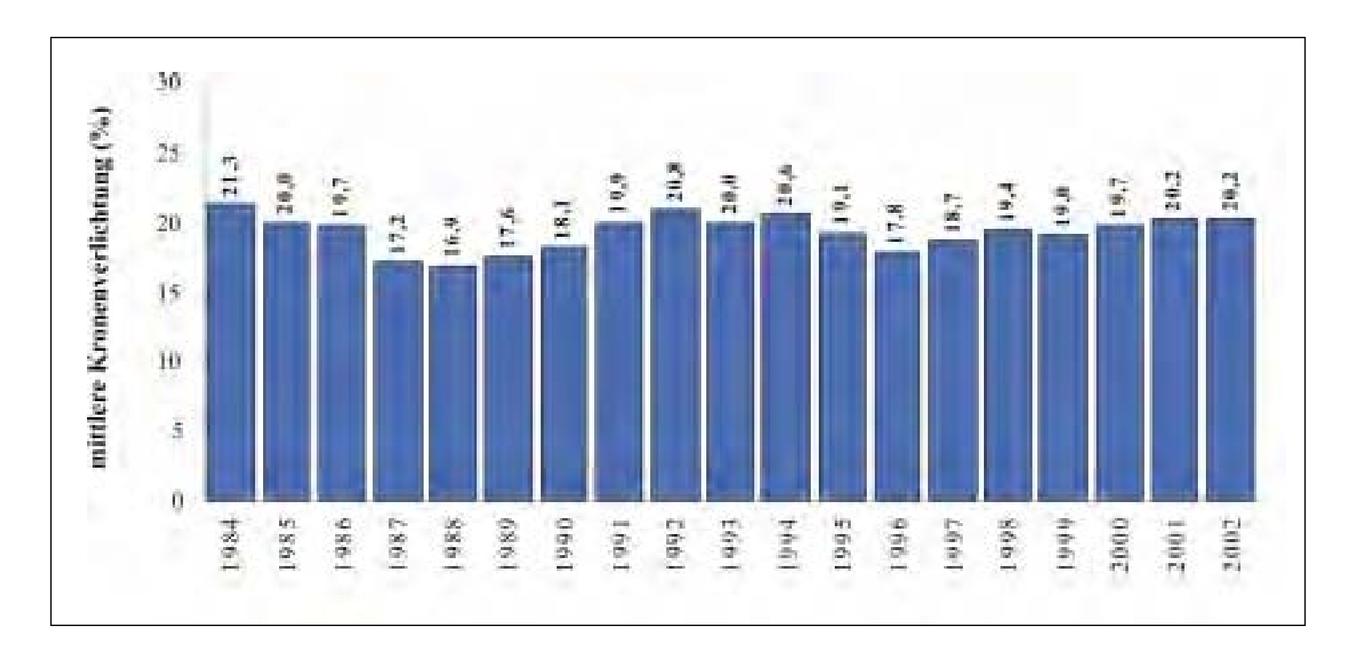
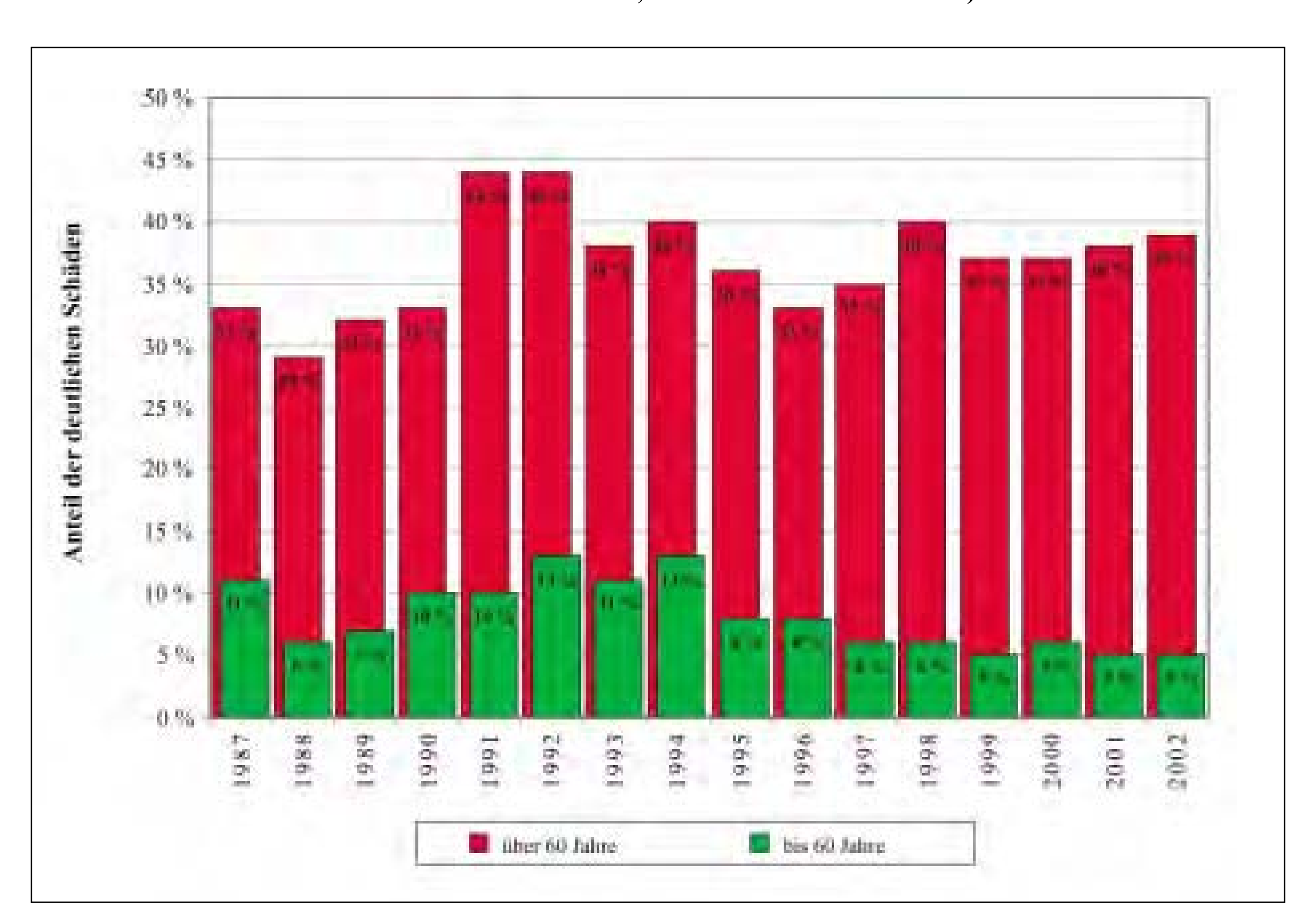


Abbildung 7

Fichte: Entwicklung der deutlichen Schäden nach Altersgruppen (Stichprobenumfang 2002: bis 60 Jahre: 1 522 Bäume, über 60 Jahre: 3 102 Bäume)



III.1.3 Kiefer

Zweithäufigste Baumart in Deutschland ist – mit einem Anteil von 28 % an der Waldfläche – die Kiefer (Pinus sylvestris). Gleichzeitig ist sie die Hauptbaumart mit der geringsten Kronenverlichtung: Der Anteil der Kiefernfläche mit deutlichen Kronenverlichtungen beträgt nahezu unverändert 13 %. Der Anteil der Warnstufe liegt bei 49 %. Ohne erkennbare Schäden sind 38 % der Kiefernfläche (Abbildung 8).

Die langjährige Zeitreihe zeigt bei der Kiefer zunächst einen Rückgang der deutlichen Kronenverlichtungen (1984 bis 1988), gefolgt von einem Anstieg bis auf 33 % (1991). Anschließend gingen sie bis auf 10 % (1998) zurück.

Mittelfristig zeichnet sich eine Stabilisierung bei 13 bis 14 % ab (vgl. Abbildung 8). In den letzten fünf Jahren ging der Anteil ohne erkennbare Schäden von 45 % auf 38 % zurück.

Gegenüber dem Höchststand 1991 gingen die Kronenverlichtungen damit erheblich zurück. Bei den über 60-jährigen Kiefern hat sich der Anteil deutlicher Kronenverlichtungen seitdem halbiert, bei den jüngeren beträgt er sogar fast nur noch ein Fünftel des Wertes von 1991 (vgl. Abbildung 11, Seite 14).

Abbildung 8

Kiefer: Entwicklung der Schadstufenanteile (bis 1989 ohne neue Länder; Stichprobenumfang 2002: 3 994 Bäume)

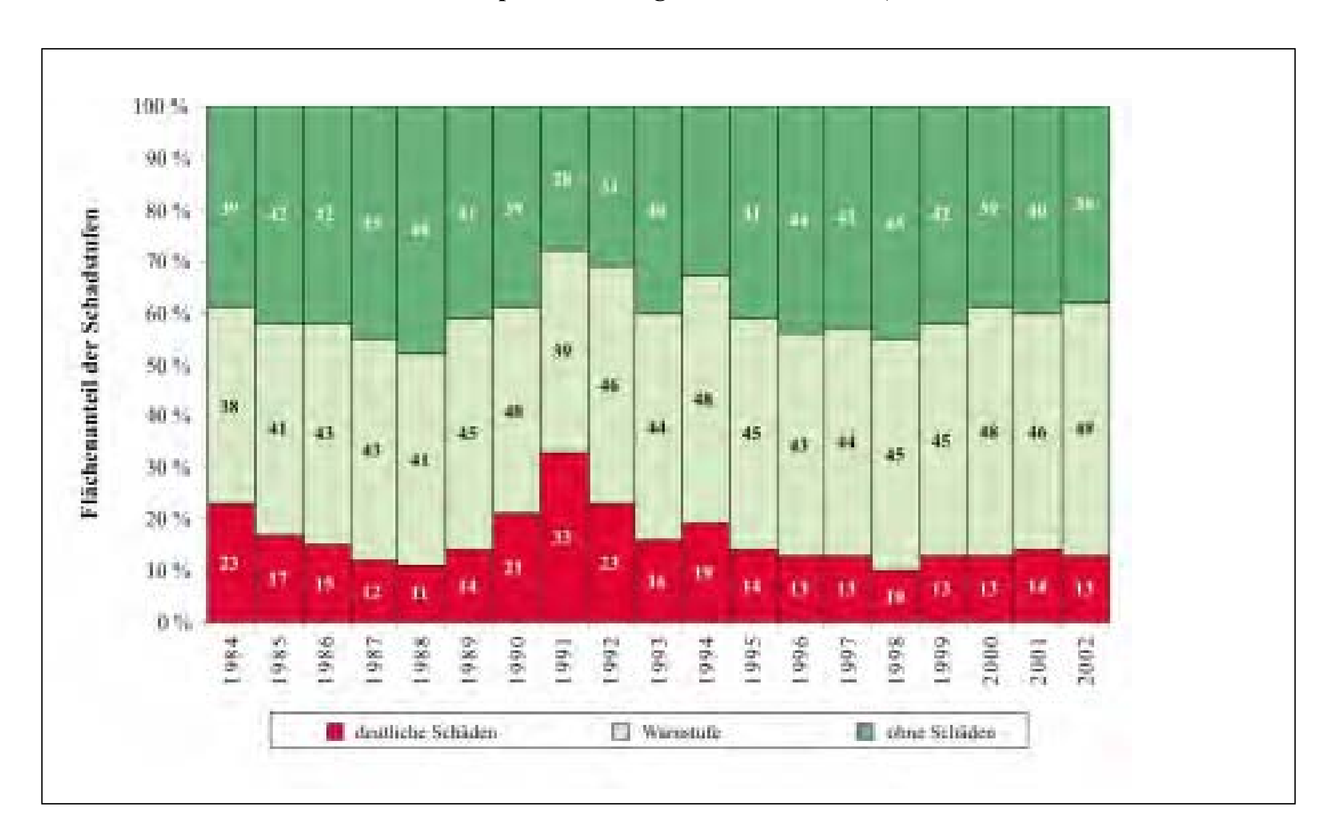


Abbildung 9

Kiefer: Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung (dunkelgrün: Schadstufe 0, hellgrün: Schadstufe 1, rot: Schadstufen 2 bis 4)

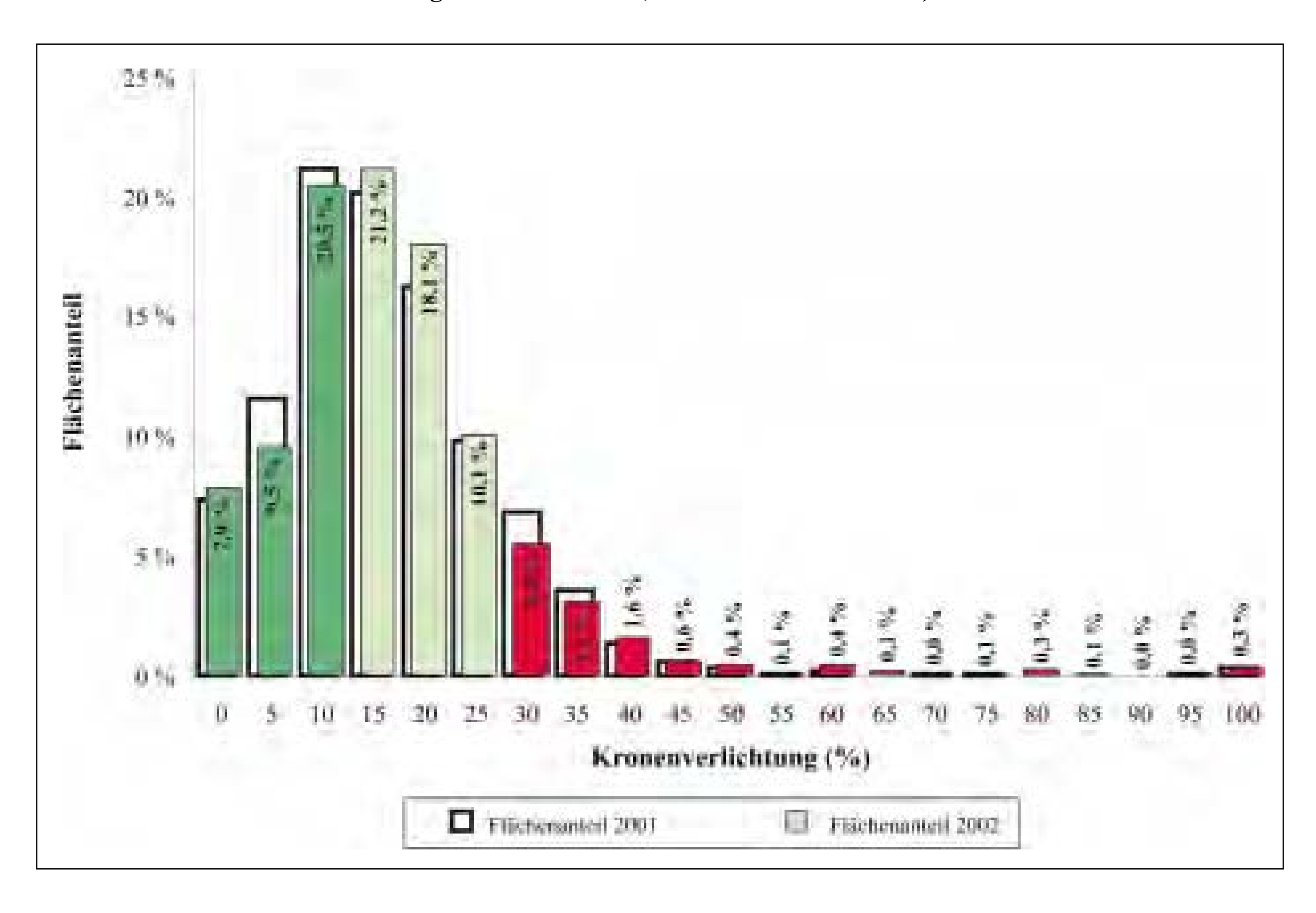


Abbildung 10

Kiefer: Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung

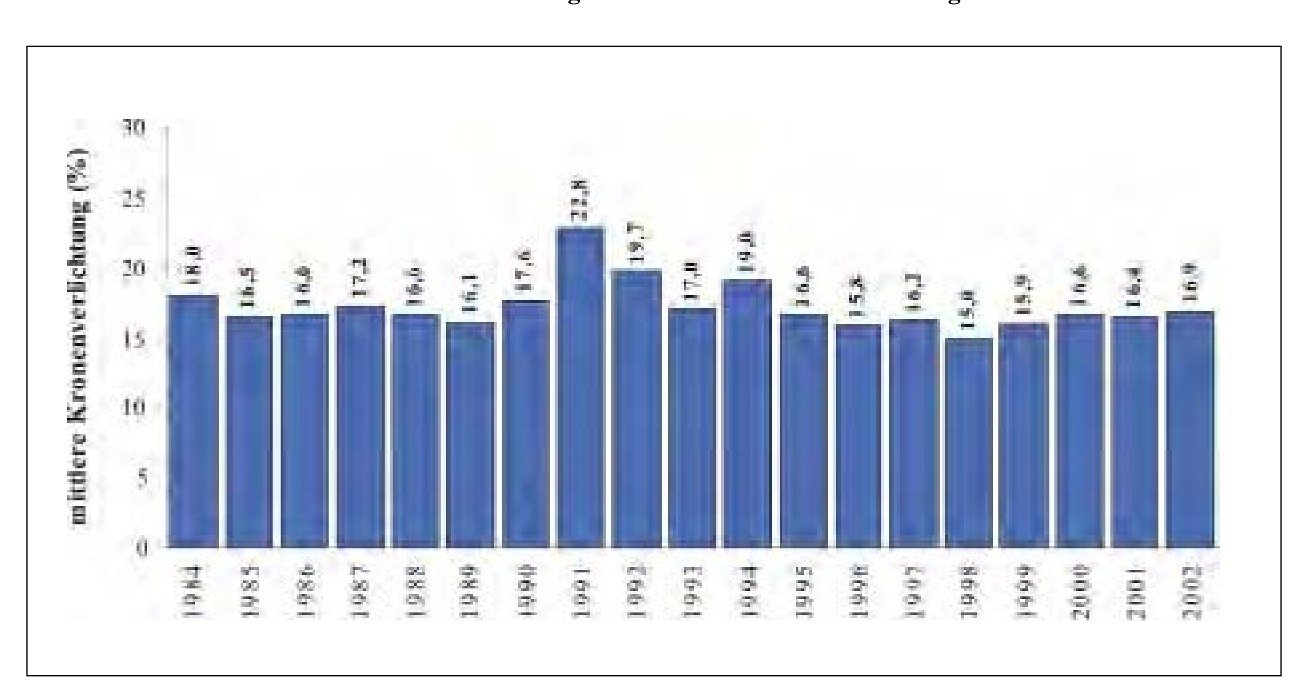
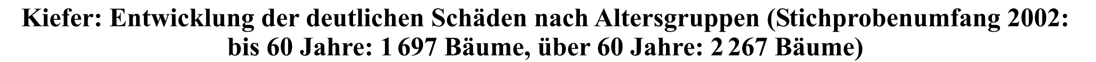
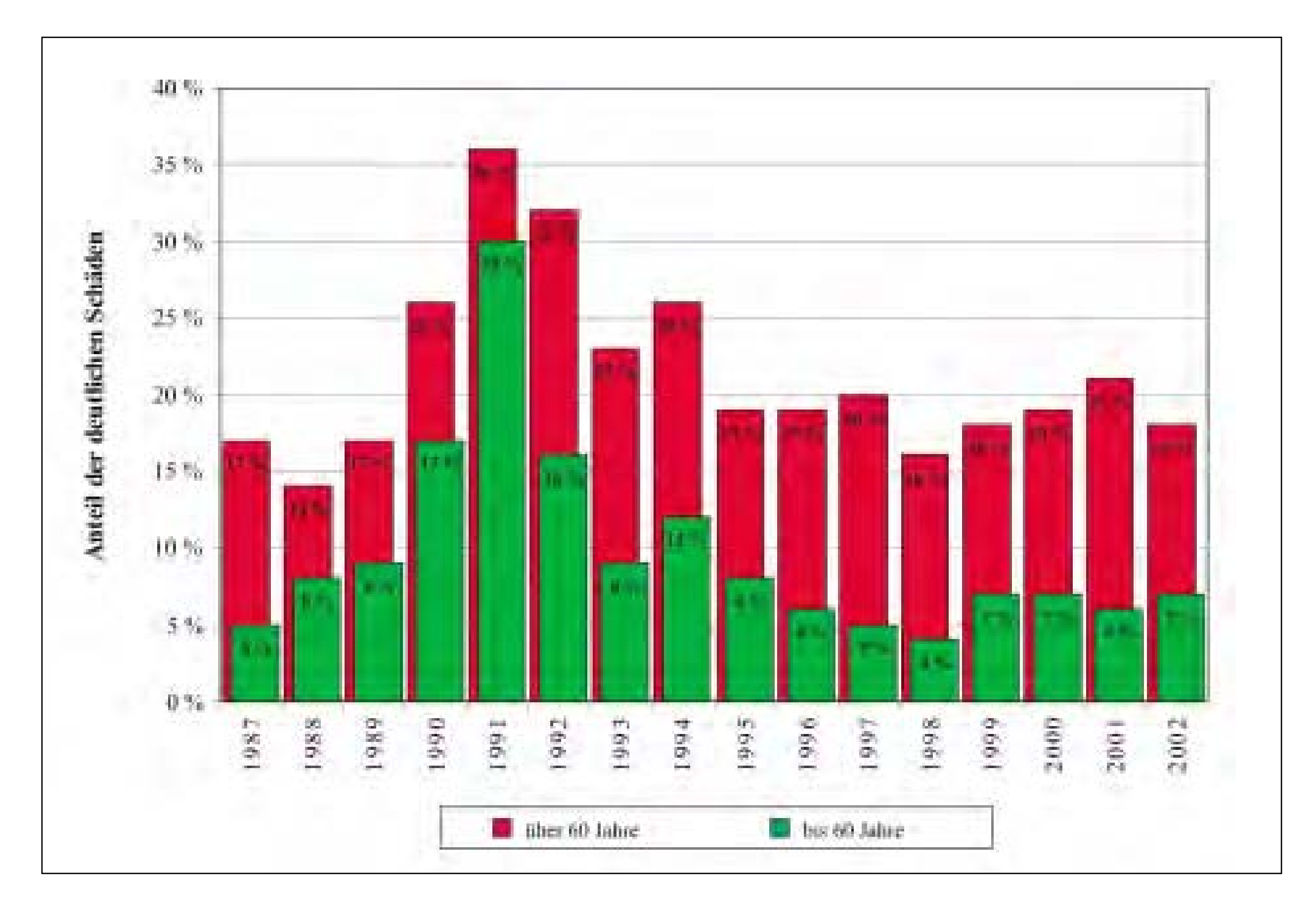


Abbildung 11



Kiefer: Entwicklung der deutlichen Schäden nach Altersgruppen (Stichprobenumfang 2002: bis 60 Jahre: 1 697 Bäume, über 60 Jahre: 2 267 Bäume)



III.1.4 Buche

Die Buche (Fagus sylvatica) ist mit einem Flächenanteil von 14 % die am weitesten verbreitete Laubbaumart in Deutschland. In diesem Jahr weisen unverändert 32 % der Buchenfläche deutliche Kronenverlichtungen (Schadstufen 2 bis 4) auf. Der Anteil der Warnstufe liegt bei 42 %, ohne erkennbare Schäden sind 26 % der Buchenfläche (Abbildung 12).

Die langjährige Zeitreihe zeigt bei der Buche seit Mitte der 80er-Jahre einen Anstieg der deutlichen Schäden. Dabei hat sich die Dynamik – nach einem raschen Anstieg der Kronenverlichtungen bis Anfang der 90er-Jahre – in den letzten Jahren verlangsamt. Der höchste Anteil deutlicher Schäden wurde im Jahr 2000 mit 40 % erreicht (Abbildung 12).

Auch mittelfristig ist bisher keine Trendwende erkennbar; insbesondere bei den über 60-jährigen Buchen hat der Anteil deutlicher Schäden weiter zugenommen. (Abbildung 15, Seite 16). Die jüngeren Buchen zeigen mittelfristig dagegen einen rückläufigen Trend.

Insgesamt ist das Schadniveau mehr als doppelt so hoch wie zu Beginn der Waldschadenserhebung.

Abbildung 12

Buche: Entwicklung der Schadstufenanteile (bis 1989 ohne neue Länder; Stichprobenumfang 2002: 2 074 Bäume)

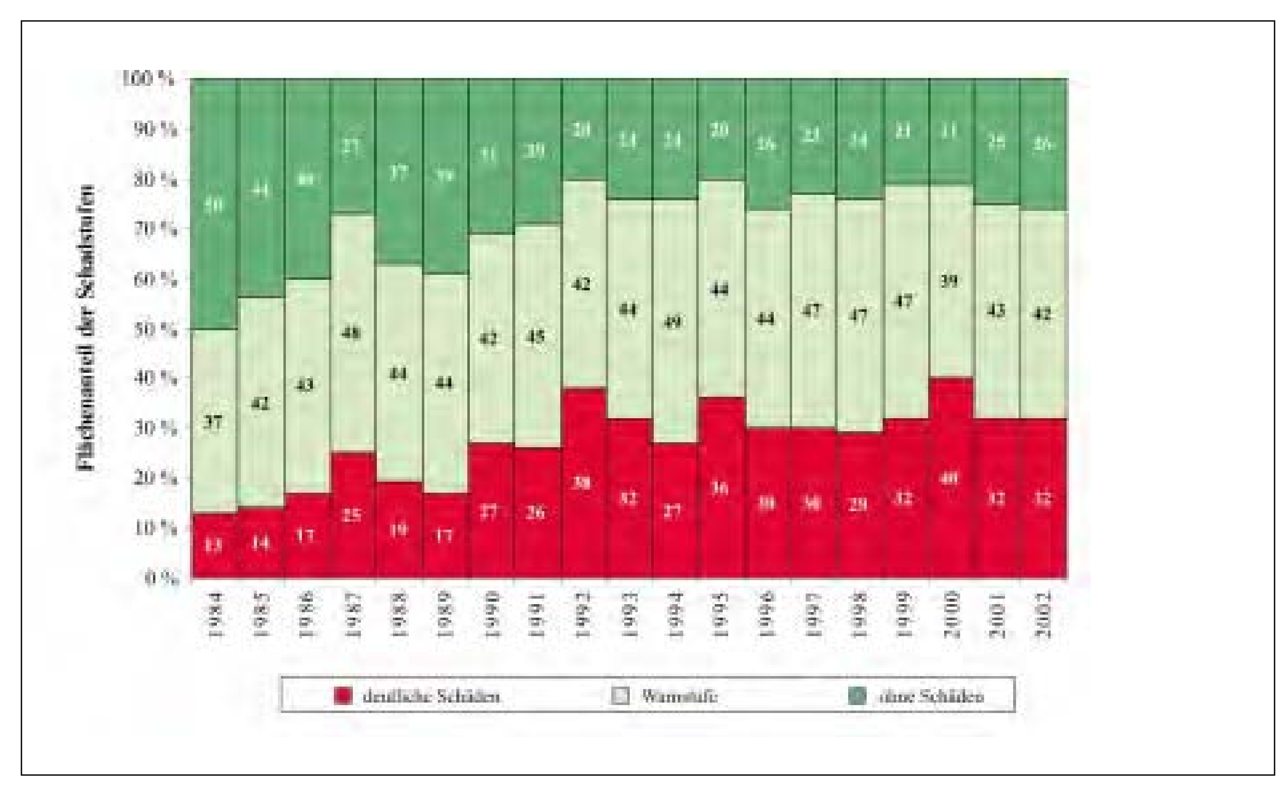


Abbildung 13

Buche: Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung (dunkelgrün: Schadstufe 0, hellgrün: Schadstufe 1, rot: Schadstufen 2 bis 4)

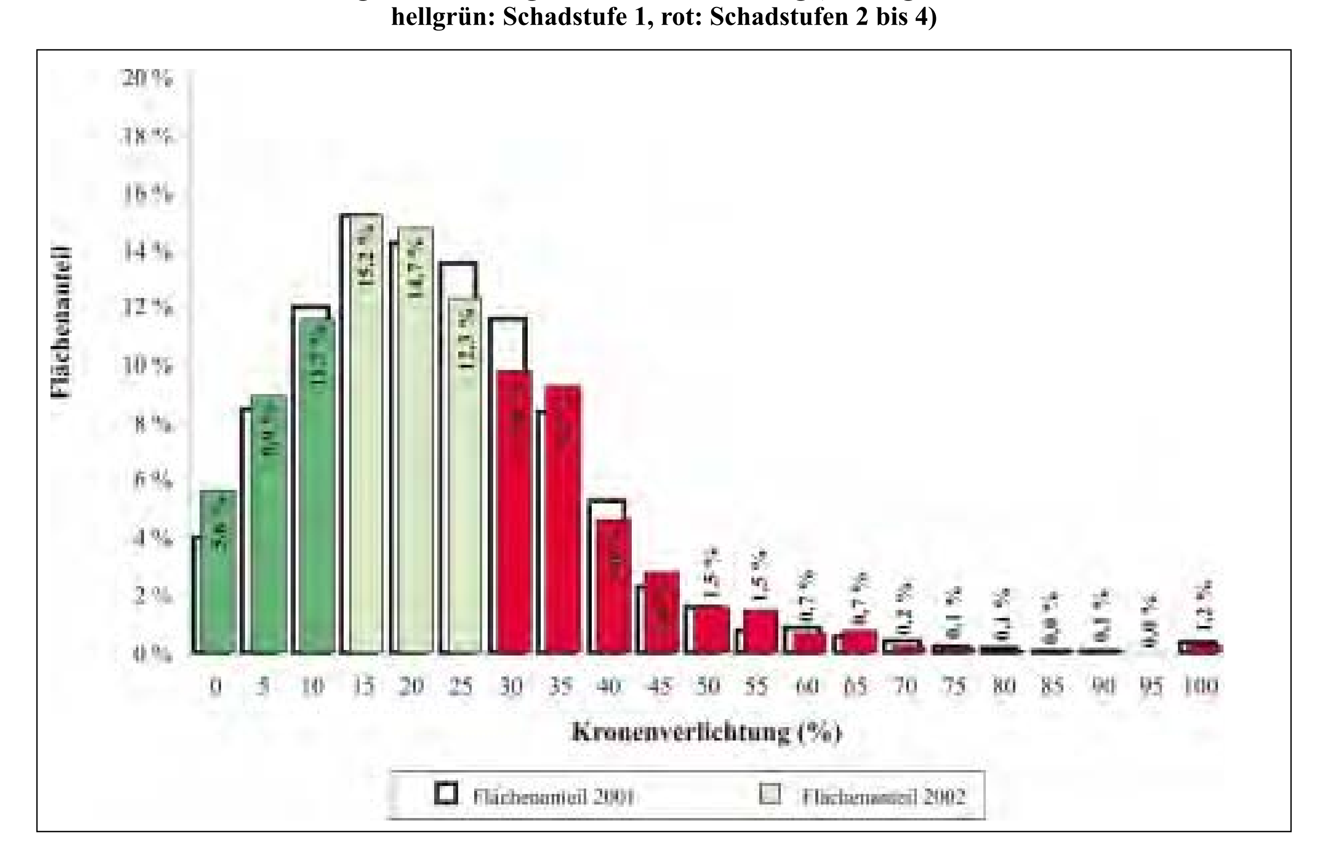


Abbildung 14



Buche: Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung

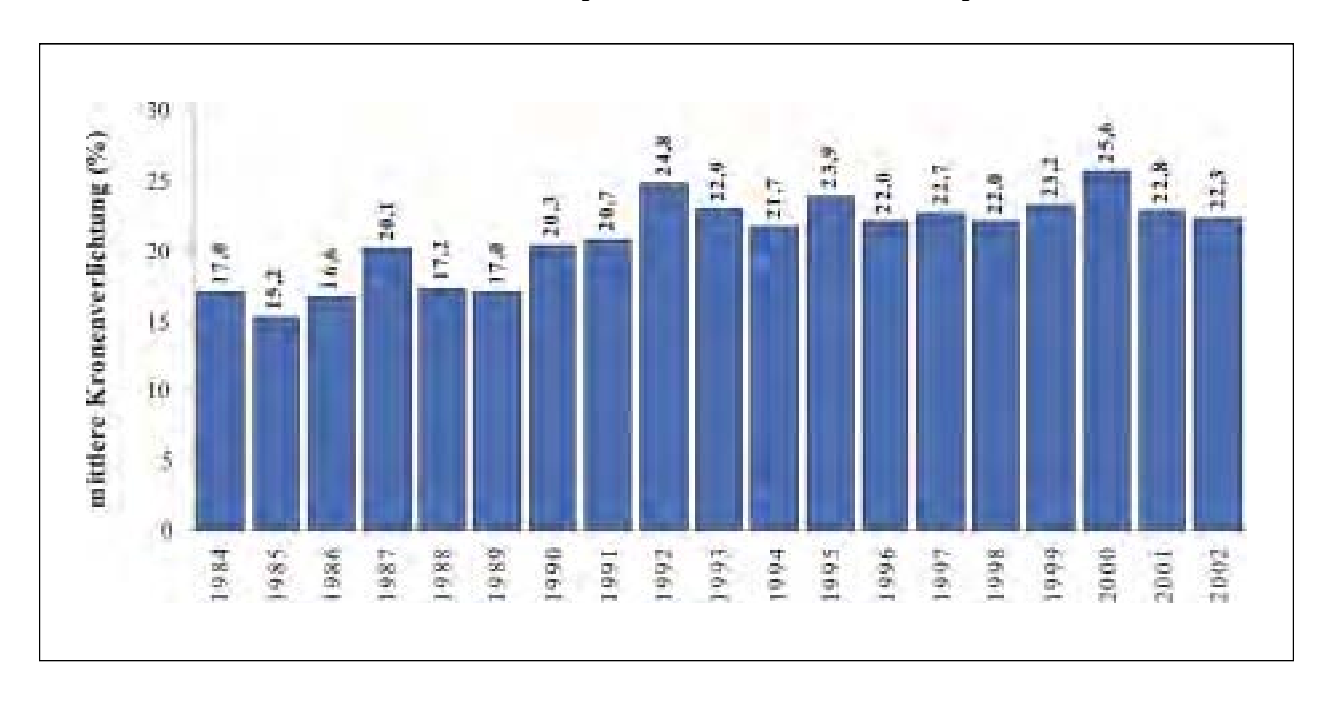
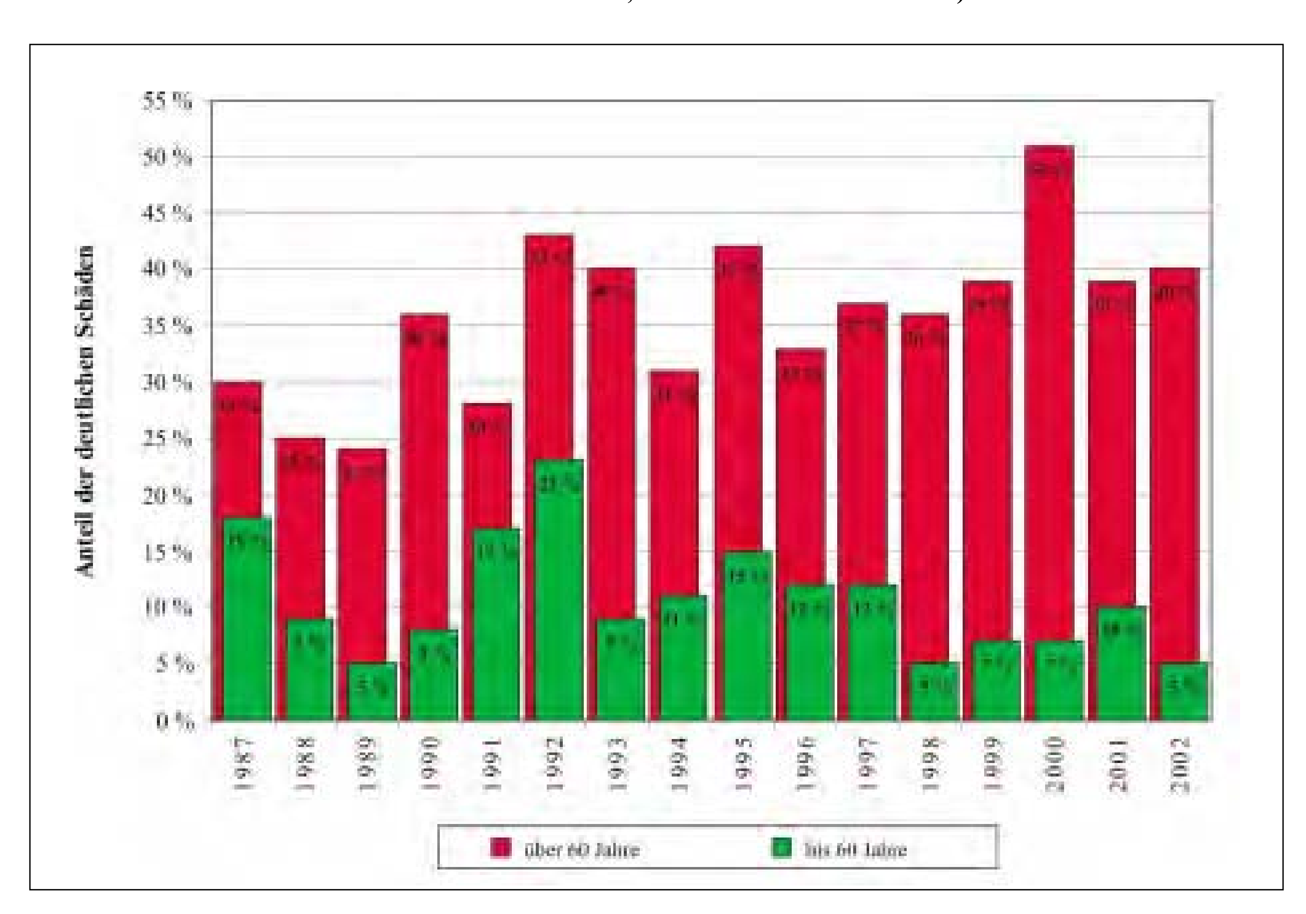


Abbildung 15

Buche: Entwicklung der deutlichen Schäden nach Altersgruppen (Stichprobenumfang 2002: bis 60 Jahre: 472 Bäume, über 60 Jahre: 1 592 Bäume)



II.1.5 Eiche

Mit einem Anteil von ca. 9 % an der Waldfläche stellen Stiel- und Traubeneiche (Quercus robur und Q. petraea) die vierthäufigste Baumartengruppe in Deutschland. In diesem Jahr ging der Anteil deutlicher Schäden (Schadstufen 2 bis 4) bei der Eiche auf 29 % zurück (2001: 33 %). Diese Entspannung findet sich in allen Ländern wieder (vgl. Abschnitt VI). Der Anteil der Warnstufe liegt bei 44 %. Ohne erkennbare Schäden sind 27 % der Eichenfläche (Abbildung 16).

Langfristig weist die Entwicklung bei der Eiche die stärkste Dynamik unter den Hauptbaumarten auf. Zu Beginn der Waldschadenserhebung war sie zunächst am geringsten betroffen (Anteil deutlicher Schäden 1984: 9 %). Dann nahmen die deutlichen Schäden rasch und stetig zu; 1996/97 erreichten sie mit 47 % einen absoluten Höchststand. Bei keiner anderen Hauptbaumart erreichten die Kronenverlichtungen so hohe Werte.

Mittelfristig zeigt sich bei der Eiche jedoch eine Entspannung: Seit 1997 ging der Anteil deutlicher Kronenverlichtungen insgesamt um 18 Prozentpunkte zurück. Diese Entwicklung wird von den über 60-jährigen und den jüngeren Eichen gleichermaßen getragen (vgl. Abbildung 19, Seite 19).

Gleichwohl: Das Schadniveau ist immer noch mehr als dreimal so hoch wie zu Beginn der Zeitreihe.

Abbildung 16

Eiche: Entwicklung der Schadstufenanteile (bis 1989 ohne neue Länder; Stichprobenumfang 2002: 747 Bäume)

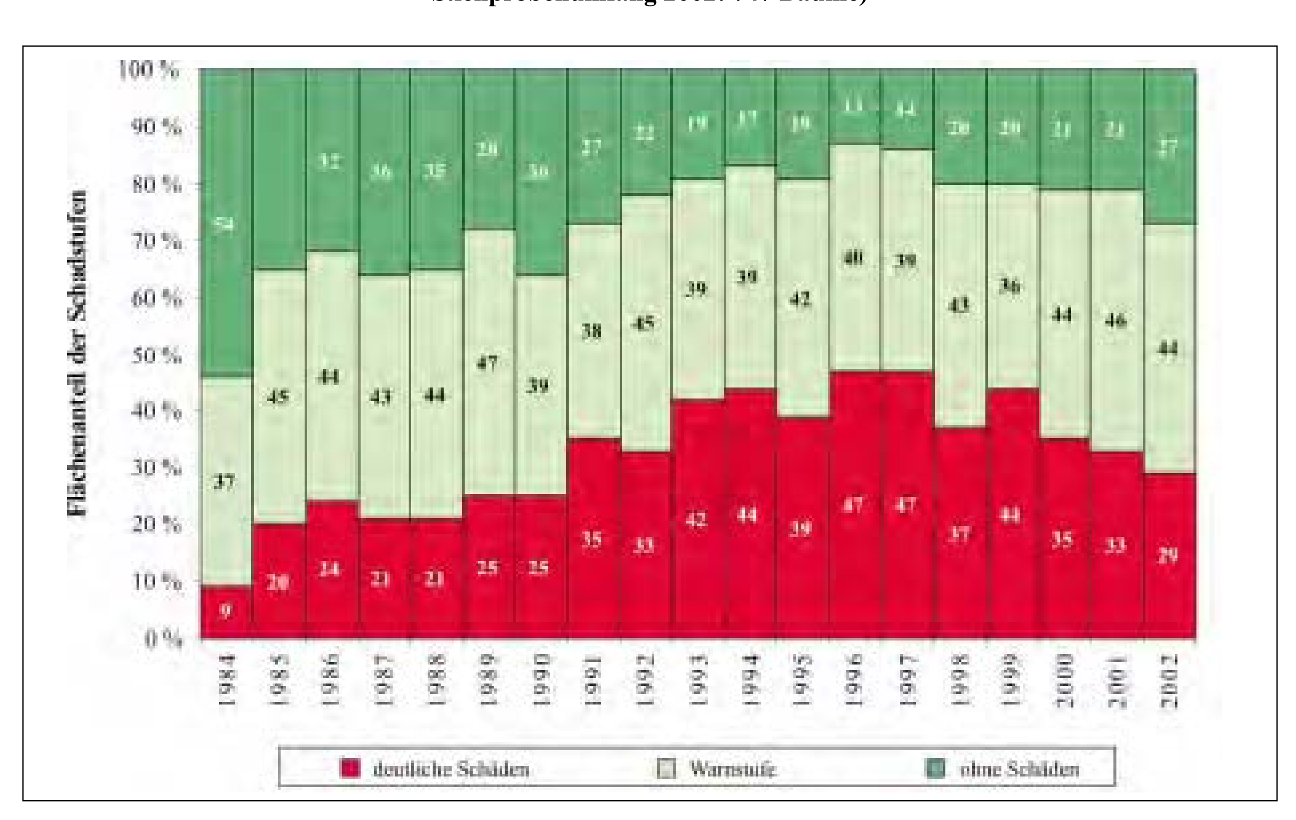


Abbildung 17

Eiche: Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung (dunkelgrün: Schadstufe 0, hellgrün: Schadstufe 1, rot: Schadstufen 2 bis 4)

Flächenanteil
Kronenverlichtung (%)
Flächenanteil 2001
Flächenanteil 2002

Abbildung 18

Eiche: Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung

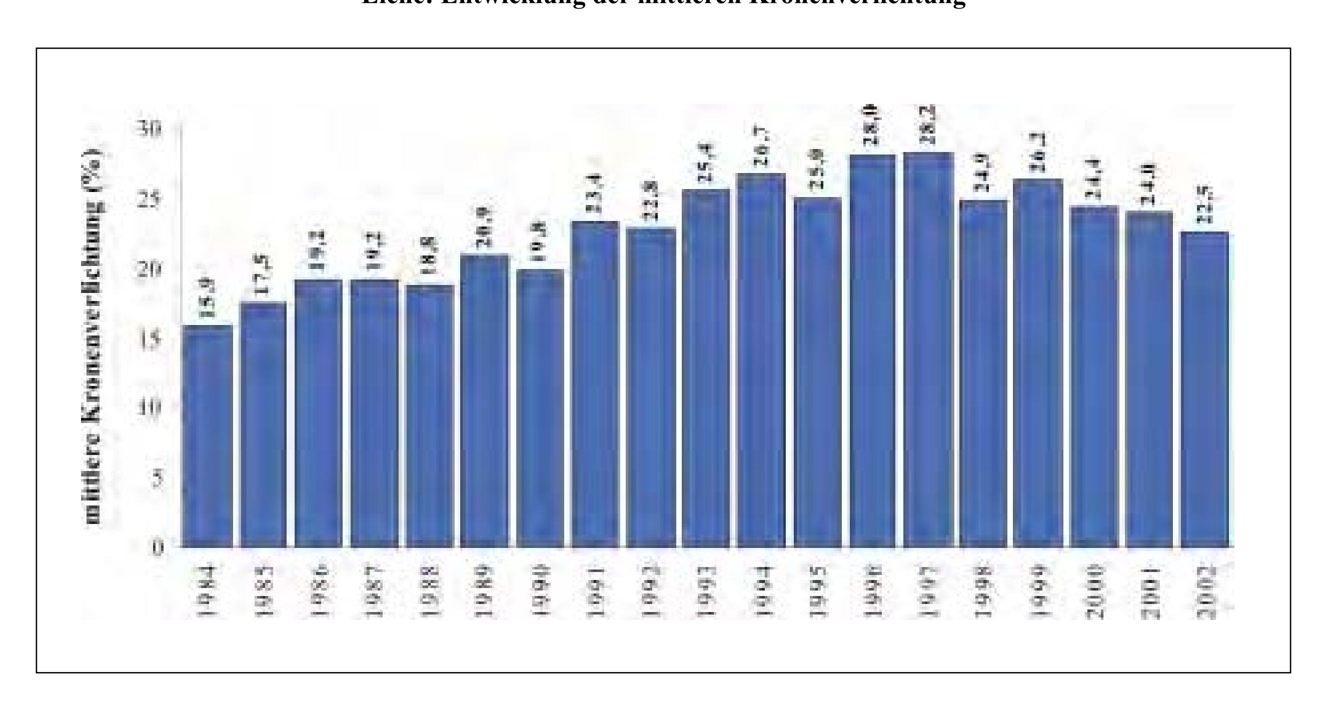
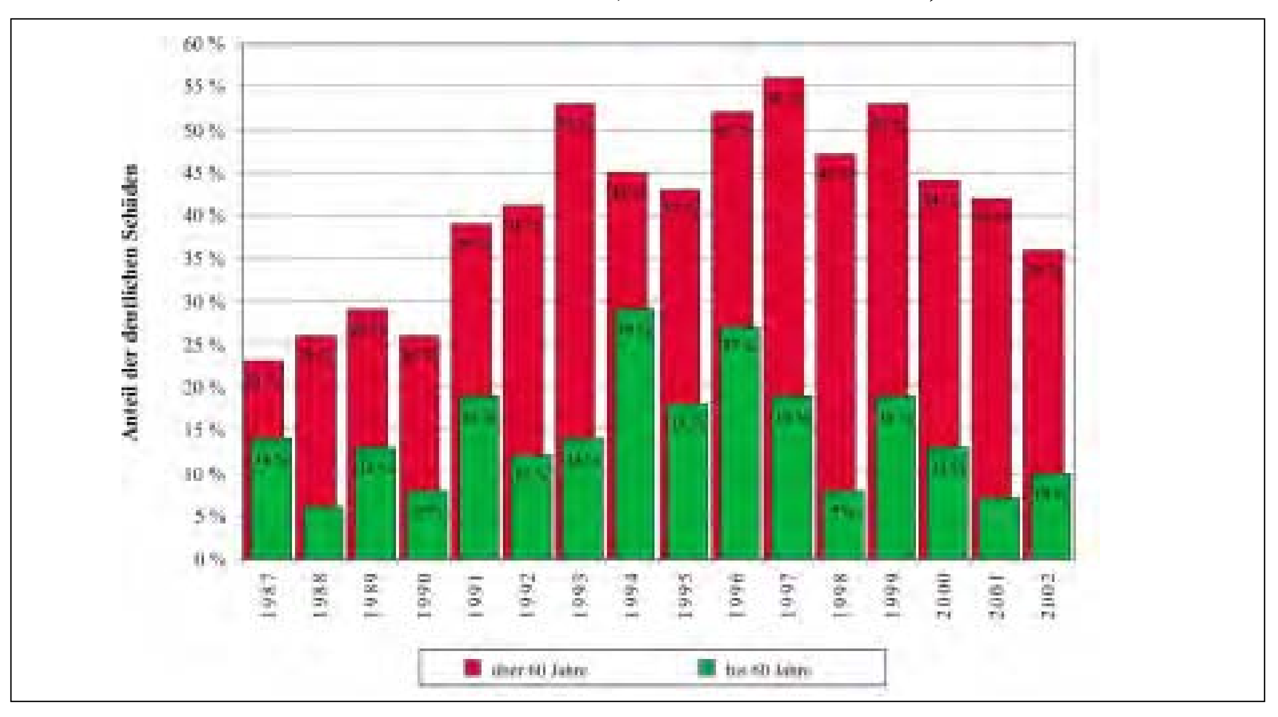


Abbildung 19

Eiche: Entwicklung der deutlichen Schäden nach Altersgruppen (Stichprobenumfang 2002: bis 60 Jahre: 152 Bäume, über 60 Jahre: 538 Bäume)



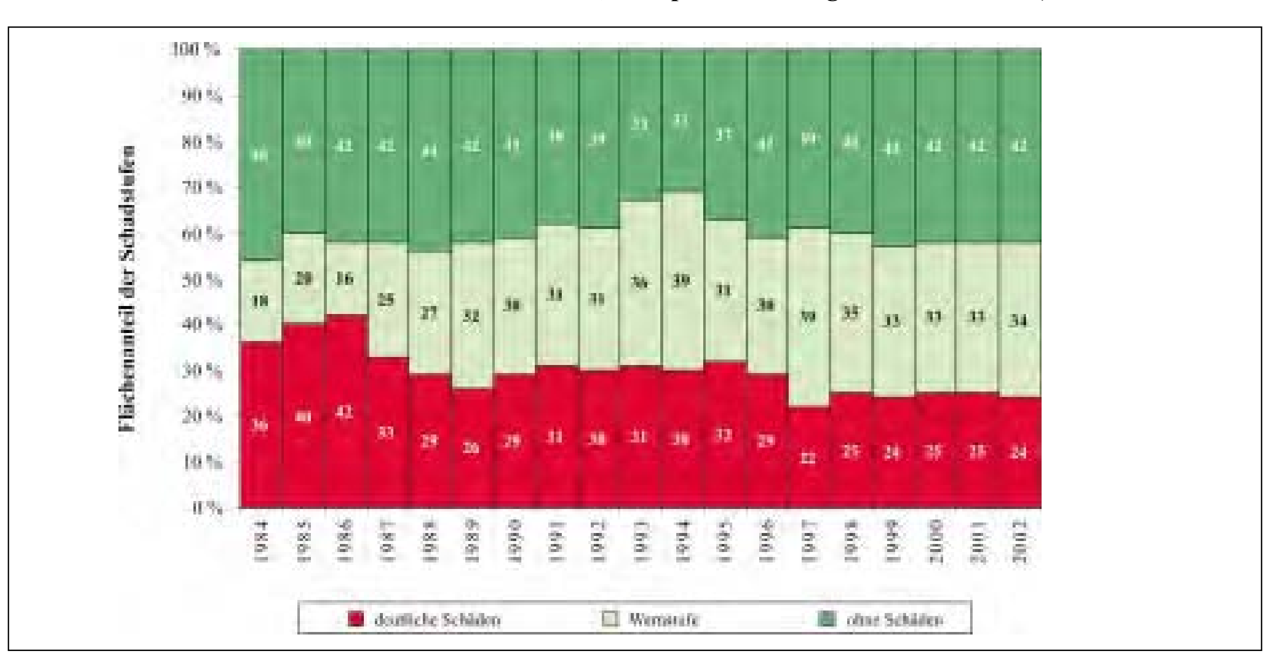
III.1.6 Andere Nadelbäume

Die Gruppe der „anderen Nadelbäume“ wird geprägt durch die Baumarten Tanne, Lärche und Douglasie. 24 % der Stichprobenbäume dieser Baumarten weisen deutliche Kronenverlichtungen (Schadstufen 2 bis 4) auf; 34 % zeigen leichte Kronenverlichtungen (Warnstufe). Ohne erkennbare Schäden sind 42 % (vgl. Abbildung 20).

Mittelfristig hat sich die Situation stabilisiert: Der Anteil deutlicher Kronenverlichtungen liegt zum fünften Mal unverändert zwischen 24 und 25 %. Damit hat sich das Schadniveau gegenüber dem Höchststand (1986: 42 %) fast halbiert.

Abbildung 20

Andere Nadelbäume: Entwicklung der Schadstufenanteile (v. a. Tanne, Lärche, Douglasie; bis 1989 ohne neue Bundesländer; Stichprobenumfang 2002: 720 Bäume)



III.1.7 Andere Laubbäume

Die flächenmäßig wichtigsten Baumarten dieser Gruppe sind Erle, Birke, Esche und Ahorn. Der Anteil deutlicher Kronenverlichtungen (Schadstufen 2 bis 4) liegt bei 13 %; auf die Warnstufe entfallen 39 %. Ohne sichtbare Schäden sind 48 % (Abbildung 21).

Die langjährige Zeitreihe zeigt zwischen 1984 und 1989 eine – zunächst stabile – Situation mit geringem Anteil von Kronenverlichtungen. Doch ab 1988 beginnt eine rasche Zunahme der Kronenverlichtungen, die 1992 einen absoluten Höchststand (30 %) erreicht. Bis 1995/96 halbierte sich der Anteil deutlicher Schäden wieder und ging bis 1999 sogar auf 11 % zurück. Seit 1999 zeichnet sich – allerdings auf geringem Niveau – wieder eine leichte Zunahme ab.

Abbildung 21

Andere Laubbäume: Entwicklung der Schadstufenanteile (v. a. Erle, Birke, Esche, Ahorn; bis 1989 ohne neue Länder; Stichprobenumfang 2002: 1 355 Bäume)

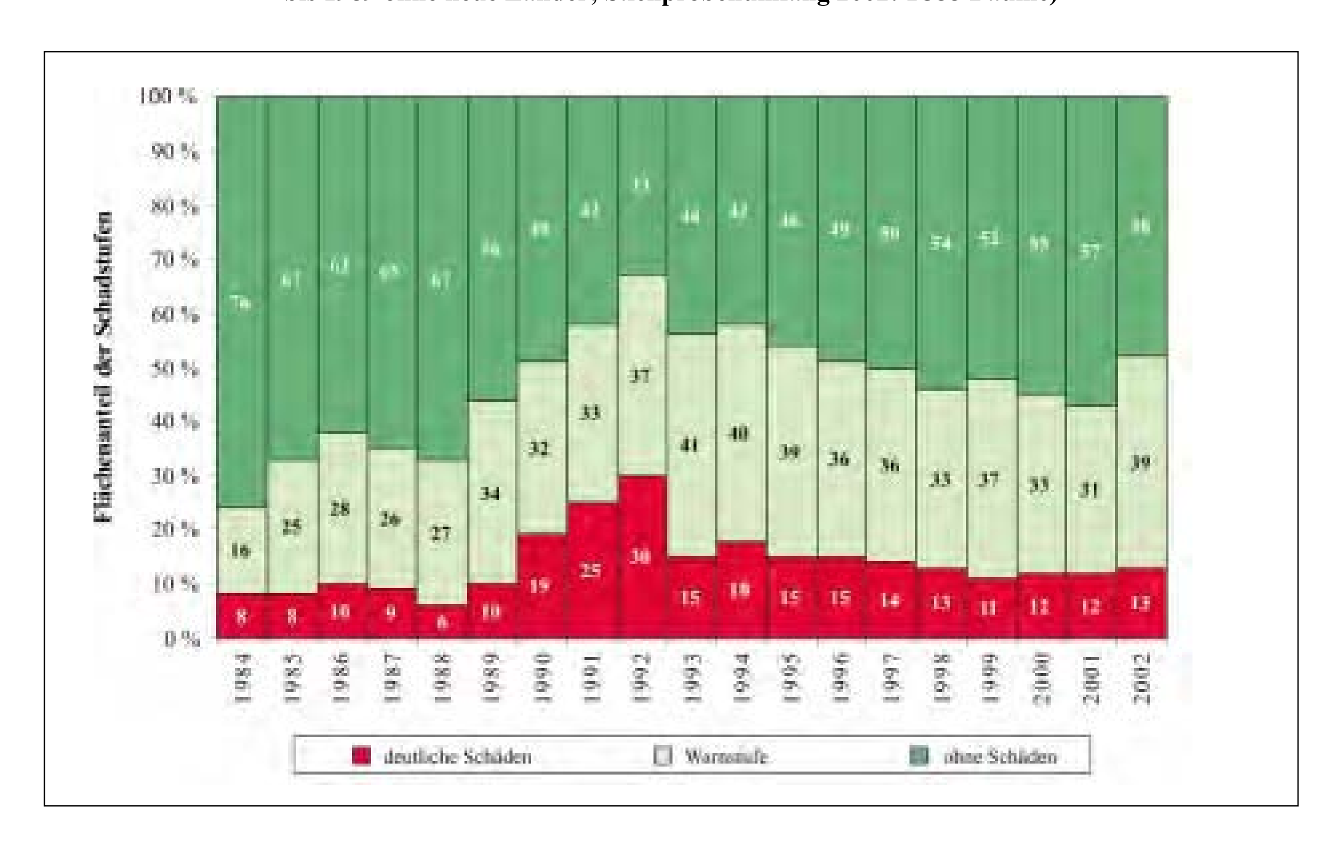
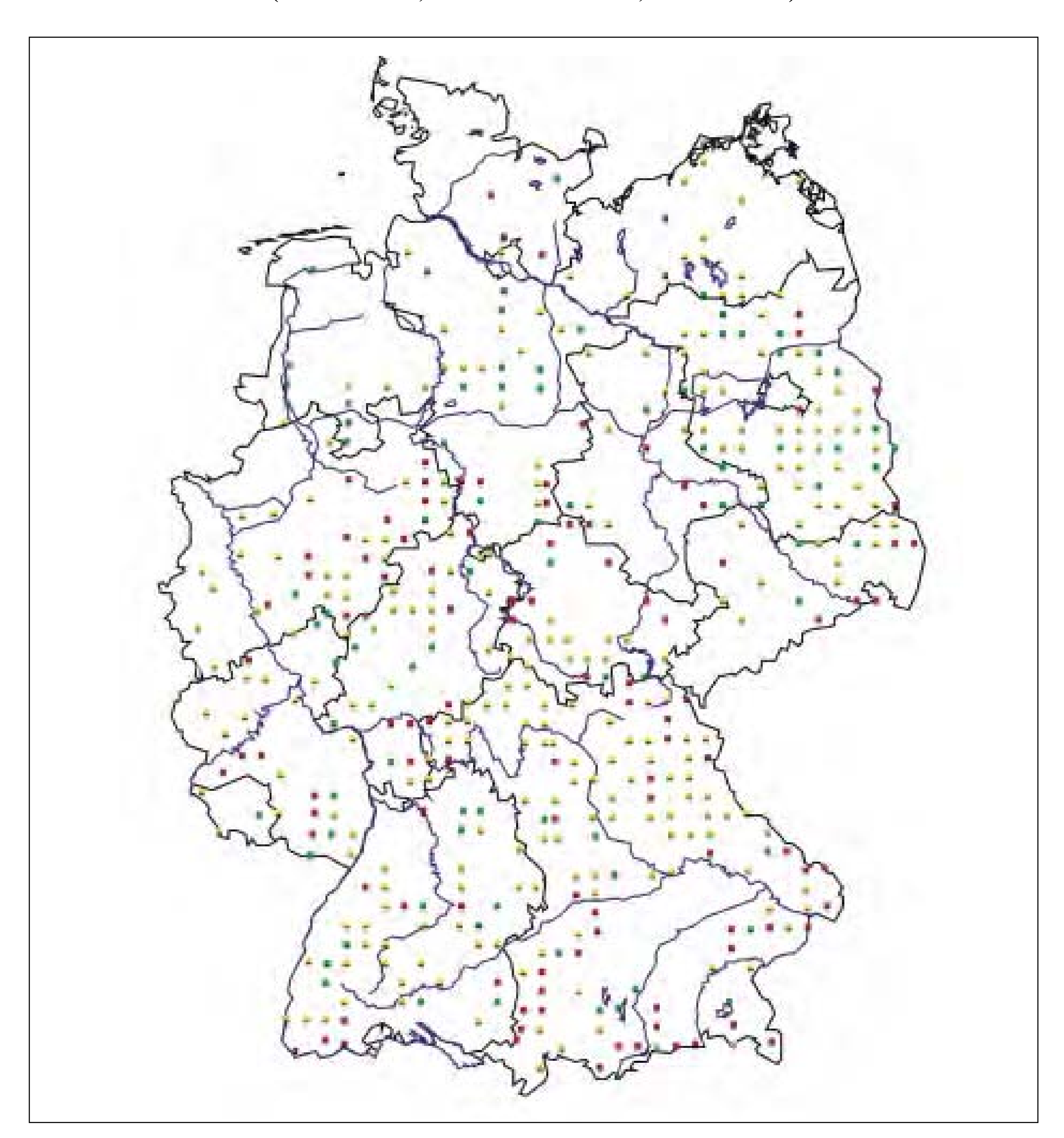


Abbildung 22

Alle Baumarten: Mittlere Kronenverlichtung 2002 je Stichprobenpunkt (Grün: bis 10 %, Gelb: über 10 bis 25 %, Rot: über 25 %)



III.1.8 Räumliche Verteilung

Die Karte gibt einen groben Überblick über die räumliche Verteilung der mittleren Kronenverlichtung an den 447 Probepunkten des 16 x 16 km-Stichprobennetzes (Abbildung 22). Dabei darf jedoch von der mittleren Kronenverlichtung an einem Probepunkt nicht auf den Zustand seiner Umgebung geschlossen werden, da der Punkt aufgrund oft kleinräumiger Besonderheiten der Standorts-, Immissions- oder Bestandesbedingungen nicht zwangsläufig für seine Umgebung typisch sein muss. Nur wenn in der Kartendarstellung eine Symbolfarbe häufig auftritt, ist dies ein Hinweis auf die Situation in einer Region. Außerdem sind bei den hier abgebildeten Karten alle Baumarten und Altersklassen zusammengefasst.

III.1.9 Statistische Sicherheit

Die Waldschadenserhebung ist ein Instrument, um innerhalb weniger Monate mit vertretbarem Aufwand zuverlässige Aussagen über den Waldzustand zu erhalten. Verfahrensbedingt gibt es dabei Fehlerquellen, welche die Genauigkeit bzw. die statistische Zuverlässigkeit beeinträchtigen. Das Wissen um diese Unsicherheit ist für die Bewertung der Ergebnisse wichtig, um eine Überinterpretation zu vermeiden. Dabei spielen insbesondere folgende Aspekte eine Rolle:

– **Schätzgenauigkeit:** Die Waldschadenserhebung beruht auf der visuellen Einschätzung des Kronenzustands durch geschulte Gutachter (vgl. Verfahrensbeschreibung in Anlage 1). Um eine möglichst genaue und v. a. übereinstimmende Kroneneinschätzung zu erreichen, finden jährlich Abstimmungskurse der Inventurleiter des Bundes und der Länder statt. Eine Auswertung der Ergebnisse dieser Abstimmung zeigt, dass die Einschätzung des Kronenzustands bundesweit vergleichbar und zuverlässig ist.

– **Stichprobenfehler:** Die Waldschadenserhebung ist ein Stichprobenverfahren. Sie lässt aus der Begutachtung kleiner Teile der Waldfläche zuverlässige Rückschlüsse auf den Gesamtzustand zu. Da die Probebäume nach dem Zufallsprinzip ausgewählt sind, kann man mit großer Wahrscheinlichkeit davon ausgehen, dass in dieser Stichprobe dieselben Verhältnisse vorgefunden werden wie im gesamten Wald. Der bei der Hochrechnung von der Stichprobe auf die gesamte Waldfläche entstehende Stichprobenfehler ist in Abbildung 23 dargestellt. Die dort ausgewiesenen Stichprobenfehler zeigen, welche Veränderungen als statistisch signifikant anzusehen sind.

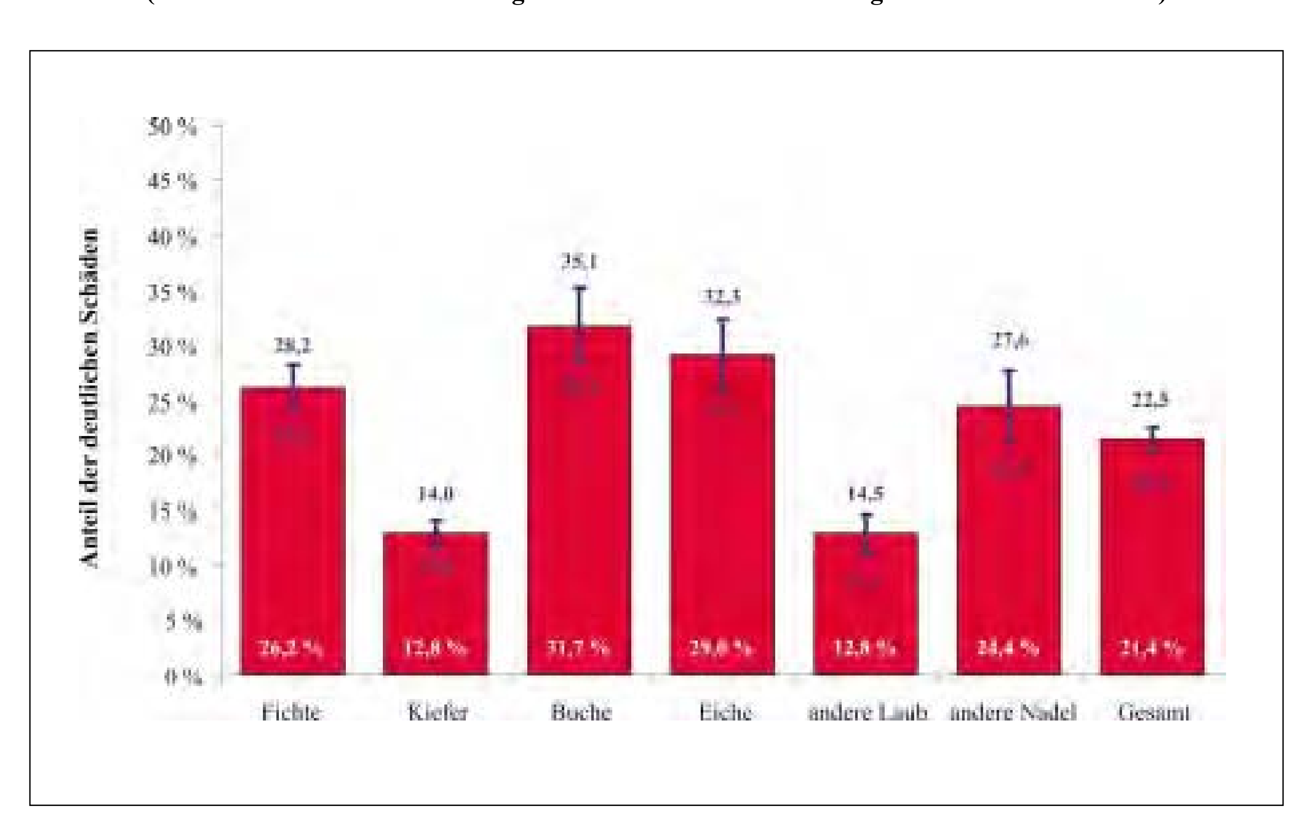
– **Ersatz von Stichprobenbäumen:** Jedes Jahr scheiden Stichprobenbäume aus dem Beobachtungskollektiv aus. Dies kann verschiedene Gründe haben. Einer der wichtigsten ist die reguläre Holzernte. Die meisten Wälder, in denen die Aufnahmepunkte der Waldschadenserhebung liegen, werden forstlich genutzt.

  Ausgeschiedene Stichprobenbäume werden – sofern Nachbarbäume vorhanden sind – sofort ersetzt, ansonsten einige Jahre später, wenn junge Bäume nachgewachsen sind. Stichprobenbäume werden aber auch ersetzt, wenn die Baumkrone nicht mehr ansprechbar ist. Dies ist z. B. dann der Fall, wenn die Baumkrone durch Sturm- oder Schneebruch stark beschädigt ist, oder wenn sie von Nachbarbäumen vollständig überwachsen wurde.

  Der Ersatz für die ausgeschiedenen Stichprobenbäume ist notwendig, damit die Waldschadenserhebung den aktuellen Zustand des gesamten Waldes widerspiegelt.

Abbildung 23

Anteil deutlicher Schäden (Säule) und Stichprobenfehler (Intervallklammer) im Jahr 2002 (mit 68 % Wahrscheinlichkeit liegt der wahre Anteil in dem blau gekennzeichneten Bereich)



Im Rahmen der diesjährigen Waldschadenserhebung wurde der Kronenzustand von 13 534 Bäumen ausgewertet. Von 2001 zu 2002 sind insgesamt 462 bzw. 3,4 % der Stichprobenbäume ausgeschieden.

Die Stichprobenbäume sind aus folgenden Gründen ausgeschieden:

– 241 Bäume wurden im Rahmen planmäßiger Holznutzung entnommen.

– 65 Bäume schieden wegen abiotischer Einflüsse (Sturmwurf/Kronenbruch) aus.

– 45 Bäume waren so schwer von Insekten und/oder Pilzen befallen, dass sie entnommen wurden.

– 61 Bäume schieden aus, weil sie im Wachstum hinter die bestandesbildenden Bäume zurückfielen und nicht mehr am Kronendach beteiligt waren.

– acht Bäume schieden aus, weil sie inzwischen alles Feinreisig verloren hatten; sie waren in den Vorjahren abgestorben und gingen in diesen Jahren mit jeweils 100 % Kronenverlichtung in die Erhebung ein.

– 24 Bäume schieden an einem Stichprobenpunkt aus, weil bei einem inzwischen aufgewachsenen Jungbestand erstmals Einzelbäume individuell erfasst wurden (Umstellung des Auswahlverfahrens).

– 18 Bäume sind ausgeschieden, ohne dass im Rahmen der Waldschadenserhebung die Ursachen für eine Entnahme bzw. für ein Absterben ermittelt werden konnte.

Insgesamt wurden 543 Probebäume erstmals aufgenommen. 24 Bäume wurden vorübergehend nicht aufgenommen.

III.2 Einflussfaktoren auf den Waldzustand

Die Stabilität der Waldökosysteme und die Vitalität der Waldbäume werden von verschiedenen Faktoren beeinflusst. Dies sind insbesondere:

1. Witterung (Abschnitt III.2.1),
2. Fruktifikation (v. a. bei der Buche, Abschnitt III.2.2),
3. Schadorganismen (v. a. Pilze und Insekten, Abschnitt III.2.3) sowie
4. vom Menschen verursachte Stoffeinträge in den Wald (Abschnitt III.2.4).

Diese Faktoren beeinflussen sich auch wechselseitig. Sie können sich in ihrer Wirkung auf den Wald verstärken oder abschwächen. Bei einem ungünstigen Witterungsverlauf erhöht sich z. B. die Empfindlichkeit eines Baumes gegenüber Luftschadstoffen oder Insektenbefall. Bäume unter hohem Witterungsstress (z. B. Trockenheit) sind anfälliger für zusätzliche Belastungen als Bäume, die optimale Witterungsbedingungen haben.

Für die Beurteilung des Waldzustands ist nicht nur die Konstellation dieser Umweltfaktoren in der jeweiligen Vegetationsperiode wichtig, sondern auch deren Entwicklung in den Jahren vorher. Die Benadelung/Belaubung ist z. B. in wesentlichen Teilen Ergebnis der Knospenbildung in der vorangegangenen Vegetationszeit. Die Knospenbildung wiederum wird maßgeblich von den Niederschlägen und den Temperaturen in den vorausgehenden Monaten beeinflusst. Noch langfristiger wirken die durch Stoffeinträge hervorgerufenen Änderungen in den Waldböden: Die Waldböden regenerieren nur sehr langsam; dort sind die Stoffeinträge von Jahrzehnten gespeichert (vgl. Abschnitt III.2.5).

III.2.1 Witterung

In den meisten Regionen war die Witterung der letzten beiden Jahre insgesamt vorteilhaft für die Wälder. Vielerorts haben insbesondere überdurchschnittlich hohe Niederschläge Wachstum und Vitalität der Waldbäume begünstigt:

– Das Jahr 2001 war bundesweit insgesamt außergewöhnlich warm, gleichzeitig waren in den meisten Regionen die Niederschläge überdurchschnittlich hoch und relativ gleichmäßig über die Vegetationszeit verteilt. Die Monate, in denen sonst häufig Trockenstress auftritt (v. a. April und Juni, regional auch März), fielen ungewöhnlich kühl und feucht aus. Auch im Herbst 2001 waren die Niederschläge überdurchschnittlich hoch (42 % über dem langjährigen Mittel).

– Der Winter 2001/2002 war vielerorts zu warm. Die Wälder blieben von großen, überregionalen Stürmen und Schneebruchereignissen verschont.

– Das Jahr 2002 war erneut überdurchschnittlich warm. Gleichzeitig sorgten überdurchschnittlich hohe Niederschläge in den meisten Regionen dafür, dass es nur selten zu Trockenstress für die Wälder kam. Lediglich im Süden war es im April und Juni zu trocken.

  Extreme Starkregen und Dauerniederschläge im Juli und August führten in Teilen Ostdeutschlands und Bayerns zu katastrophalen Überschwemmungen (vgl. Abschnitt III.3).

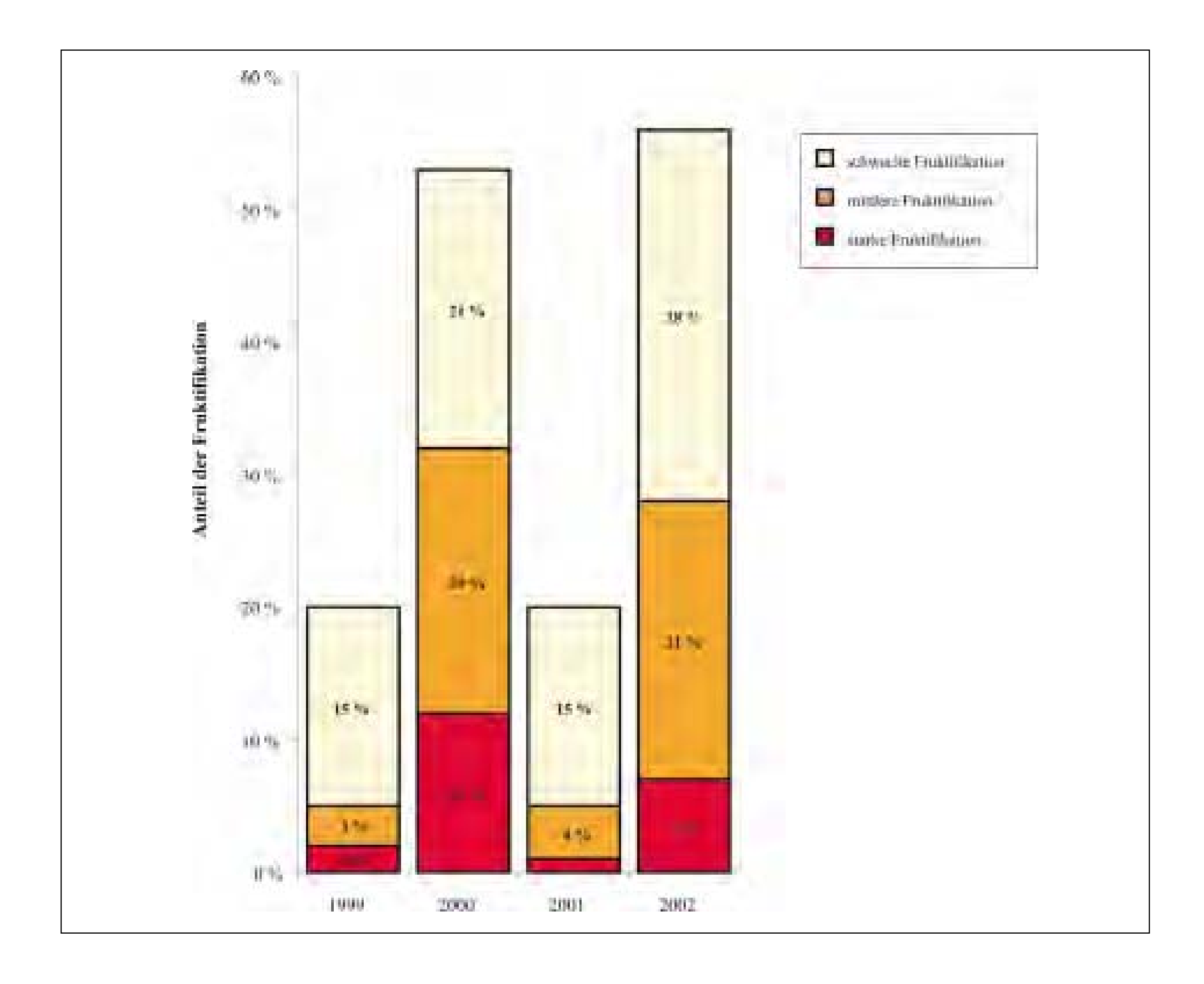
III.2.2 Fruktifikation (Buche)

Um den Kronenzustand der Buche besser beurteilen zu können und Hinweise auf mögliche Ursachen für dessen Veränderungen zu erhalten, wird bei der Kronenansprache auch das Merkmal „Fruktifikation“ erfasst. Es hat bei der Buche besondere Bedeutung, da bei ihr ein enger Zusammenhang zwischen Intensität der Fruktifikation und Kronenzustand besteht.

In diesem Jahr zeigen 28 % der älteren Buchen mittleren und starken Fruchtanhang; im Vorjahr waren es dagegen nur 5 % (vgl. Abbildung 24).

Abbildung 24

Häufigkeit der Fruktifikation bei Buche über 60 Jahre



Die Ausbildung vieler Früchte ist mit einem erheblichen Energie- und Reservestoffverbrauch verbunden. Je stärker die Fruktifikation, desto höher ist i. d. R. die Kronenverlichtung. Dabei spielt jedoch auch die jeweilige Gesamtkonstitution der Bäume eine Rolle: Bei geringer Grundbelastung verkraften die Buchen eine starke Fruchtbildung besser als bei hoher Grundbelastung.

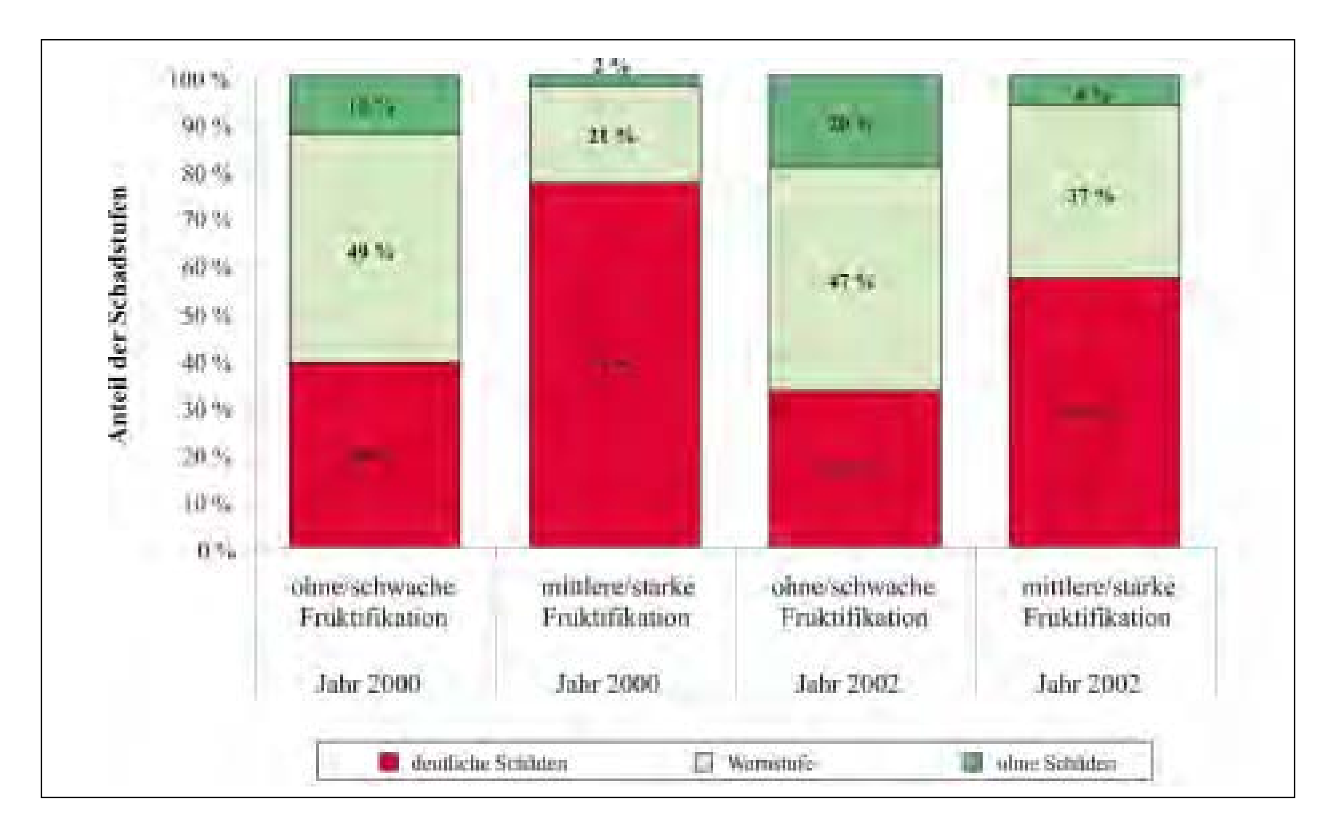
Angesichts der starken Fruktifikation in 2002 ist bemerkenswert, dass – im Bundesdurchschnitt – der Anteil deutlicher Schäden nicht wieder angestiegen ist (vgl. Abschnitt III.1.4).

Allerdings sind erhebliche regionale Unterschiede festzustellen: In Bayern hat sich z. B. der Kronenzustand der Buche deutlich verbessert, fruktifikationsbedingte Vitalitätsverluste fielen dort kaum ins Gewicht (Anteil mittelstarker bis starker Fruktifikation: 9 %). In Rheinland-Pfalz hat der Anteil deutlicher Kronenverlichtungen mit 51 % dagegen einen neuen Höchststand erreicht; der Anteil der mittelstark bis stark fruktifizierenden Buchen ist mit 36 % außergewöhnlich hoch. In Niedersachsen lag er sogar bei 39 %, gleichzeitig ging aber der Anteil deutlicher Kronenverlichtungen dort auf 32 % zurück (vgl. Abschnitt VI, Länderbeiträge).

Der Vergleich mit dem Jahr 2000, in dem bundesweit ebenfalls eine starke Fruktifikation der Buchen beobachtet wurde (vgl. Abbildung 24), belegt die Bedeutung der Belastung durch andere Faktoren bzw. der Gesamtkonstitution der Bäume: Während im Jahr 2000 immerhin 77 % der fruktifizierenden älteren Buchen deutliche Kronenverlichtungen (Schadstufen 2 bis 4) aufwiesen, waren dies im Jahr 2002 „nur“ 57 %. Offenbar haben die Buchen auf die zusätzliche Belastung durch stärkere Fruktifikation in diesem Jahr weniger stark mit Kronenverlichtungen reagiert als im Jahr 2000 (vgl. Abbildung 25).

Abbildung 25

Schadstufenverteilung bei älteren Buchen (> 60 Jahre) mit unterschiedlich starker Fruktifikation in den Jahren 2000 und 2002



Insgesamt hat die Buche in den letzten beiden Jahrzehnten in vielen Regionen Deutschlands überdurchschnittlich häufig und stark fruktifiziert. Bisher galten bei der Buche Fruktifikationszyklen von einer „Vollmast“[1] alle fünf bis zehn Jahre mit mehreren dazwischen liegenden Jahren ohne Fruchtbildung als „normal“.

Untersuchungen auf hessischen Dauerbeobachtungsflächen deuten darauf hin, dass hohe Stickstoffeinträge – in Verbindung mit für die Fruktifikation günstigen Witterungsbedingungen – bei der Buche offenbar einen wesentlichen Einfluss auf die Häufigkeit der Fruchtbildung haben.

III.2.3 Schadorganismen

Im Rahmen der Waldschadenserhebung werden – soweit möglich – auch direkt erkennbare Schadursachen erfasst. Fraßschäden durch Insekten können dabei i. d. R. gut zugeordnet werden. Ergänzend findet gleichzeitig eine Befragung der Wald- bzw. Forstschutzsachverständigen des Bundes und der Länder statt.

Bundesweit betrachtet haben Schadorganismen den Kronen- bzw. den Waldzustand in diesem Jahr kaum beeinträchtigt. So wurde nur an rd. 10 % der Probebäume Insektenfraß festgestellt, nur in 2 % dieser Fälle war der Fraß von mittlerer oder starker Intensität.

Regional sind folgende Erkrankungen bzw. Schadorganismen von Bedeutung:

Komplexkrankheiten

– Regional gibt die so genannte Buchenkomplexkrankheit (auch „Buchensterben“) Anlass zur Sorge. Seit Sommer 2000 tritt dieses Phänomen regional begrenzt in Nordrhein-Westfalen (Hocheifel, Sauerland) und Rheinland-Pfalz (Eifel, Westlicher Hunsrück) auf. Der Schadensschwerpunkt mit hohen Ausfällen liegt jedoch im benachbarten Ausland (Belgien, im Norden Luxemburgs und im Nordosten Frankreichs).

Die Symptome dieser Komplexkrankheit sind großflächige Rindennekrosen und der Befall von holzbrütenden Borkenkäfern (v. a. Trypodendron domesticum, Hylecoetus dermestoides, Anisandrus dispar) und teilweise auch rasche Blattwelke und absterbende Äste. Auffallend ist auch die Bildung von Fruchtkörpern holzzerstörender Pilze bereits an noch grünen Bäumen. Betroffene Bäume sterben i. d. R. rasch ab. Die Erkrankung tritt einzelbaum- bis gruppenweise auf und führt zu Verlichtungen der Bestände.

[1] Vollmast: Fruktifikationsereignis, bei dem alle erwachsenen Bäume eines Bestandes reichlich Früchte tragen; für Buche: ab etwa 150 Bucheckern je m^2.

Die Ursachen für die Buchenkomplexkrankheit sind noch unklar, allerdings spielen die Buchenwollschildlaus (Cryptococcus fagi) und bastzerstörende Pilze (Nectria coccinea) eine wesentliche Rolle. Auch abiotische Faktoren (Witterungsextreme) werden nach wie vor als Auslöser diskutiert.

Der Schadholzanfall ist gegenüber dem Vorjahr unverändert.

– Bei der so genannten Eichenkomplexkrankheit wirken verschiedene Schadfaktoren zusammen, die sich gegenseitig verstärken, regional aber in sehr unterschiedlicher Ausprägung auftreten können. Nach derzeitigem Kenntnisstand kann v. a. Kahlfraß durch Schmetterlingsraupen in Verbindung mit besonderen Witterungsereignissen (z. B. Trockenheit, Frost) und Luftverunreinigungen das Absterben auslösen. Weitere Faktoren in örtlich unterschiedlicher Ausprägung im Schadkomplex können sein: Der Befall durch Eichenprachtkäfer (Agrilus biguttatus), Phytophthora-Pilzerkrankung und Hallimasch (Armillaria), Grundwasserabsenkungen sowie falsche Herkunfts- und Standortswahl.

  Insgesamt hat sich der Schadfortschritt in diesem Jahr verlangsamt; vielerorts hat eine Regeneration der Eichen eingesetzt.

Insektenbefall

... an Fichte

– Rindenbrütende Borkenkäfer können bei massenhaftem Auftreten erhebliche Schäden verursachen und ganze Waldbestände zum Absterben bringen. Bei der Fichte ist vor allem der Buchdrucker (Ips typographus) bedeutsam.

  In Südwestdeutschland gab es in den beiden Vorjahren eine Massenvermehrung von Borkenkäfern. Durch den Sturm „Lothar“ (Dezember 1999) fanden sie ein außergewöhnlich großes Brutraumangebot vor. Der Befallsdruck in diesen Gebieten war daher nach wie vor groß. Der für 2002 befürchtete weitere Anstieg blieb jedoch infolge massiver Maßnahmen zur Vorbeugung und Bekämpfung der Borkenkäfer sowie einer feuchten und nicht allzu warmen Witterung in den Befallsschwerpunkten aus.

– Die Kleine Fichtenblattwespe (Pristiphora abietina) ist ein Insekt, dessen Larven an den Maitrieben junger Fichten fressen. Der Befall äußert sich durch ein plötzliches Rotfärben und Absterben der neuen Triebe.

  Das Insekt verursachte im südostbayerischen Raum erneut erhebliche Fraßschäden; Umfang und Intensität der Schäden nahmen zu.

... an Kiefer

Folgende Insekten sind in Kiefernwäldern anzutreffen und können bei massenhaftem Auftreten erhebliche Schäden verursachen:

– Die Nonne (Lymantria monacha) ist ein Schmetterling, dessen Raupen im Frühjahr an den Nadeln von Kiefern und auch Fichten fressen. Bei Massenvermehrungen können – je nach Befallsstärke und Fraßintensität – ganze Waldbestände zum Absterben gebracht werden.

  Die Nonne tritt v. a. in ostdeutschen Wäldern auf, wo sie z. T. erhebliche Fraßschäden verursacht: In Brandenburg gab es merklichen bis starken Fraß auf ca. 21 000 ha, kleinflächig auch in Sachsen und Sachsen-Anhalt. Aufgrund der guten Vitalität der Kiefern in Verbindung mit günstigen Witterungsbedingungen und dem Ausbleiben anderer Stressfaktoren wird davon ausgegangen, dass keine flächigen Absterbeerscheinungen auftreten werden. Für 2003 wird in den betroffenen Regionen allerdings eine massive Zunahme des Befalls erwartet.

– Die Forleule (Panolis flammea) ist ebenfalls ein Schmetterling, dessen Raupen an Knospen, Maitrieben und vorjährigen Nadeln fressen.

  Die in den Vorjahren in Brandenburg und Sachsen beobachtete Massenvermehrung der Forleule hat sich in 2002 nicht fortgesetzt.

– Die Kiefern-Buschhornblattwespe (Neodiprion sertifer) ist ein Insekt, dessen Larve an den Nadeln jüngerer Kiefern frisst. Massenbefall kann ganze Jungbestände vernichten.

  In Sachsen stieg die Befallsfläche erneut an. Allerdings sind die Raupen z. T. mit Viren befallen, sodass sich ein Zusammenbruch der Population andeutet.

– Die Blauen Kiefernprachtkäfer (Phaenops spp.) legen ihre Eier in der Kiefernrinde an. Die Larven fressen in der Bastschicht der Bäume und können diese zum Absterben bringen.

  Die Käferpopulation hatte in den Vorjahren in Brandenburg und Sachsen zugenommen und Schäden verursacht. In diesem Jahr sind die Schäden jedoch sowohl in der Menge des Schadholzanfalls als auch in der Anzahl der betroffenen Flächen rückläufig.

... an Buche

Die Buche hat – anders als die anderen Hauptbaumarten – nur selten unter Massenvermehrungen bzw. massivem Befall durch Insekten zu leiden. Flächenhaftes Absterben ganzer Buchenbestände infolge Insektenbefall ist bislang eine seltene Ausnahme. Gleichwohl gibt es einzelne Insekten, die immer wieder auch überregional in Erscheinung treten:

– Der Buchenspringrüssler (Orchestes fagi) ist ein Rüsselkäfer, der an den Buchenblättern frisst und dabei typischen „Lochfraß“ verursacht. Dieser Fraß hat für die Vitalität betroffener Buchen normalerweise nur geringe Folgen.

  In diesem Jahr wurden in den Hochlagen des Schwarzwaldes außergewöhnlich starke Fraßaktivitäten beobachtet.

– Holzbrütende Laubholz-Borkenkäfer (v. a. Trypodendron domesticum) befallen normalerweise nur absterbende und abgestorbene Buchen. Ungewöhnlich ist daher, dass diese Borkenkäfer im westlichen Hunsrück und im zentralen südwestfälischen Bergland scheinbar gesunde Buchen mit grüner Krone und grünem Bast befielen. Unklar ist, ob diese Erscheinung im Zusammenhang mit der vorgenannten Buchenkomplexkrankheit steht. Der weitere Schadensverlauf ist nicht absehbar.

... an Eiche

Folgende Schmetterlinge, deren Raupen an den Eichenblättern fressen, gehören zu den typischen Arten in Eichenwäldern. Bei massenhaftem Auftreten können sie erhebliche Schäden verursachen:

– Eichenwickler (Tortrix viridana) und Frostspanner (Operophthera brumata) haben in diesem Jahr nur geringe Fraßschäden verursacht. Allerdings wird in Nordrhein-Westfalen ein Anstieg der Population beobachtet.

– Der Schwammspinner (Lymantria dispar) hat in Sachsen Fraßschäden, stellenweise auch Kahlfraß, verursacht. In Sachsen und auch in Bayern zeichnet sich ein Anstieg der Schwammspinnerpopulation ab.

– Der Eichenprozessionsspinner (Thaumetopoea processionea), dessen Raupenhaare bei Menschen Allergien und schwere Hautreizungen hervorrufen können, tritt seit einigen Jahren in unterschiedlicher Stärke immer wieder in Bayern und Sachsen-Anhalt auf. In diesem Jahr wurden außerdem in Nordrhein-Westfalen sowie in Baden-Württemberg einzelne Befallsherde registriert. Insgesamt blieben stärkere Fraßschäden jedoch auf einzelne Waldbestände in Bayern und Sachsen-Anhalt beschränkt.

Weiterhin leidet die Eiche regional unter einer Massenvermehrung der Maikäfer (Melolontha hippocastani und M. melolontha). Ihre Larven bzw. Engerlinge leben während einer mehrjährigen Entwicklungszeit im Boden, wo sie an Wurzeln fressen. Am Ende dieser Entwicklung schlüpfen die Käfer, die an den Eichenblättern fressen.

Forstwirtschaftlich bedeutsam ist vor allem der Engerlingsfraß an Verjüngungsflächen und Jungbeständen: Er verursacht Vitalitätseinbußen und kann junge Bäume zum Absterben bringen. Bei einer hohen Engerlingsdichte im Boden können junge Bestände vollständig vernichtet werden.

Bereits seit Jahren gibt es im nördlichen Oberrheintal eine Massenvermehrung der Maikäfer, die sich auch in diesem Jahr fortgesetzt hat. 2002 wurden in Südhessen und Baden-Württemberg aber auch in Sachsen-Anhalt starke Schwärmflüge beobachtet.

Die von Engerlingen befallene Fläche beträgt in Baden-Württemberg ca. 14 000 ha, in Hessen ca. 10 000 ha und in Rheinland-Pfalz ca. 1 300 ha.

Pilzbefall

In diesem Jahr ist ein vermehrter Pilzbefall zu verzeichnen, wozu die feucht-warme Witterung der letzten beiden Jahre beigetragen hat. Bundesweit betrachtet hat der Pilzbefall jedoch kaum Auswirkungen auf den diesjährigen Kronenzustand bzw. das Ergebnis der Waldschadenserhebung. Regionale Bedeutung haben folgende Pilze:

Der Kiefernbaumschwamm (Phellinus pini) ist ein Wundparasit, der den Stamm befällt und dort zu Holzfäule führt (sogenannte Weißlochfäule). Forstwirtschaftlich ist er nur östlich der Elbe relevant. Der Pilz befällt überwiegend ältere Kiefern und entwertet das Holz.

In Brandenburg und Berlin verursachte er in diesem Jahr Schadholzanfälle von ca. 22 000 m^3 bzw. 11 000 m^3.

– Die Douglasienschüttepilze (Phaeocyptopus gaeumannii, Rhabdocline pseudotsugae) befallen v. a. jüngere Douglasien, in deren Nadeln sie sich entwickeln. Befallene Nadeln verfärben sich, sterben und fallen ab. Starker Pilzbefall schwächt die Bäume.

  Die Pilze traten in diesem Jahr vermehrt in Brandenburg, Thüringen, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen auf.

– Die Apiognomonia-Blattbräunen (mehrere Arten) befallen die Blätter der Buche und anderer Laubgehölze. Befallene Blätter entwickeln Nekrosen und sterben ab. Starker Befall kann zu Vitalitätseinbußen führen.

  Die Blattbräunen sind weit verbreitet; im Jahr 2002 vergrößerte sich die gemeldete Befallsfläche.

– Eichenmehltau (Microsphaera alphitoides) ist ein auf Eichen spezialisierter Pilz. Er befällt Eichen jeden Alters, auf deren Blättern er ektoparasitisch lebt. Sofern nicht weitere Faktoren (z. B. starker Fraß durch blattfressende Insekten) hinzukommen, führt selbst starker Befall normalerweise nur zu Vitalitätsverlusten.

  2002 war Eichenmehltau – nachdem er im Vorjahr nur selten auftrat – wieder verbreitet anzutreffen.

– Die Wurzelhalsfäule Phytophthora verursacht bundesweit erhebliche Schäden an Schwarzerlen. Besonders betroffen sind Erlen auf regelmäßig überfluteten Standorten und entlang der Flussufer, da frei fließendes Wasser bei der Entwicklung und Verbreitung von Phytophthora-Arten eine wichtige Rolle spielt. Der Befall geht nach heutigem Kenntnisstand von der Wurzel aus, steigt in den Stamm auf und zerstört die Leitungsbahnen. Befallene Bäume werden geschwächt und oft zusätzlich von Schwächeparasiten befallen. Im fortgeschrittenen Stadium kann die Pilzerkrankung zum Absterben der Bäume führen. Die Symptome sind zunächst Kleinlaubigkeit, schütteres Erscheinungsbild der Baumkrone, aufgehellte Blätter, abgestorbene Zweige und Äste. Am Stammfuß bilden sich dunkle nässende Flecken (so genannte Teerflecken).

Mistelbefall

Starker Mistelbefall (Viscum album) kann – sofern er nicht erkannt und dokumentiert wird – das Ergebnis der Waldschadenserhebung beeinflussen: Zweige und Blätter der Misteln können noch den Anschein einer satten grünen Vollbenadelung/-belaubung vortäuschen, selbst wenn der Baum bereits eine fortgeschrittene Kronenverlichtung aufweist. Um Fehleinschätzungen bei der Waldschadenserhebung zu vermeiden, wird das Erkennen von Mistelbefall seit einigen Jahren besonders geschult.

Der Mistelbefall hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen, insbesondere an Kiefern, Pappeln und Tannen in Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und regional in Hessen.

III.2.4 Luftverunreinigungen

Luftverunreinigungen belasten die Wälder in unterschiedlicher Weise. Ihre Einwirkung hat in den Waldökosystemen zu anfänglich kaum wahrnehmbaren, inzwischen messbaren und langfristig wirksamen Veränderungen geführt. Trotz bisheriger Erfolge der Luftreinhaltung liegen die Belastungen vielfach immer noch deutlich über den ökologisch vertretbaren kritischen Schwellenwerten (so genannte Critical loads).

Das forstliche Umweltmonitoring erfasst vor allem den atmosphärischen Stoffeintrag und seine Auswirkung auf Waldökosysteme. Aber auch die Wirkung gasförmiger Luftverunreinigungen wird erfasst. Im Folgenden werden wesentliche Ergebnisse und Zusammenhänge skizziert.

Wirkung von Luftverunreinigungen in Waldökosystemen

Über die Wirkung von Luftverunreinigungen in Waldökosystemen ist aus der Waldschadensforschung/Waldökosystemforschung Folgendes bekannt:

– Wirkungspfade: Viele Waldökosysteme Europas werden v. a. durch die Einwirkung von Stickstoffverbindungen und Säurebildnern sowie durch hohe Ozonkonzentrationen belastet. Dabei lassen sich unterscheiden

  – direkte, akute pflanzentoxische Wirkungen (z. B. Blattschäden) infolge hoher Schadstoffkonzentrationen in der Luft und

  – indirekte, chronische Wirkungen infolge langfristig hoher Depositionsraten mit Wirkungen auf das gesamte Ökosystem; Prozesse wie Eutrophierung und Versauerung betreffen dabei sowohl den Baum als auch den Boden, die Begleitvegetation sowie andere Teile des Ökosystems Wald.

  Direkte und indirekte Einwirkung von Luftverunreinigungen führen letztlich zu Vitalitätsverlusten bei den Bäumen und Störungen des Wasser- und Nährstoffhaushalts der Ökosysteme.

– Schwefel gelangt gasförmig, partikelförmig und auch in wässriger Lösung in die Wälder. Gasförmig (SO_2) wird es v. a. über die Spaltöffnungen der Nadeln/Blätter aufgenommen und greift in lebenswichtige biochemische Prozesse der Pflanzen (z. B. Photosynthese) ein. Schon in geringen Konzentrationen kann es Ernährungsstörungen, in hohen Konzentrationen das Absterben von Nadeln/Blättern verursachen. Schwefeldioxid (SO_2) verbindet sich in der Atmosphäre jedoch auch leicht mit Wasser und Sauerstoff zu schwefeliger Säure und Schwefelsäure. Der daraus entstehende „Saure Regen“ hat in vielen Regionen maßgeblich zur Versauerung der Waldböden beigetragen.

– Stickstoff wird v. a. als Nitrat und Ammonium in die Wälder eingetragen. In den meisten Fällen wird dadurch zunächst das Wachstum der Bäume angeregt: Stickstoff ist unter naturnahen Bedingungen im Vergleich zu anderen Nährstoffen knapp. Die Waldökosysteme haben sich im Lauf der Evolution auf diese natürliche Mangelsituation eingestellt. Aufgrund menschlicher Aktivitäten (v. a. Landwirtschaft und Verkehr) ist in deutschen Wäldern der ehemalige Mangelnährstoff nun im Überfluss vorhanden. Dies, z. T. in Kombination mit toxisch wirkenden Substanzen, setzt eine verhängnisvolle Kettenreaktion in Gang, wie am Beispiel der Kiefer deutlich wird: Stickstoff regt das Pflanzenwachstum an, was sich zunächst in gut benadelten, dunkelgrünen Baumkronen äußert. Gleichzeitig aber wächst der Bedarf an anderen Nährstoffen (z. B. Magnesium), was auf ärmeren Waldstandorten bald zu Engpässen führt; es kommt zu Nährstoffungleichgewichten. Erste Anzeichen dafür sind Nadelverfärbungen. Bei anhaltender Einwirkung verlichten die Baumkronen, weil neue Nadeljahrgänge deutlich kleiner bleiben als in den Vorjahren und ältere Nadeljahrgänge vorzeitig abfallen.

Verschärfend kommt hinzu, dass die Bäume weniger Feinwurzeln ausbilden und außerdem große Teile ihrer Feinwurzelmasse in den humusreichen Oberboden verlagern. In der Folge geht nicht nur die für die Wasseraufnahme und das Waldwachstum notwendige Baum-Pilz-Symbiose (Mykorrhiza) zurück, sondern auch die Fähigkeit, Wasser und Pflanzennährstoffe in ausreichendem Maß aus tieferen Bodenschichten aufzunehmen. Dies führt zu einer erhöhten Anfälligkeit für Trockenstress. Außerdem begünstigen die Stickstoffeinträge einen Befall der Kiefern durch Hallimasch, einen Pilz, der auf stickstoffangereicherten Böden zu einem wichtigen Schadfaktor werden kann.

All dies – gemeinsam mit Veränderungen im Pflanzenstoffwechsel – erhöht die Anfälligkeit der Bäume gegenüber weiteren Stressfaktoren. Kronenverlichtung und Stickstoffeinträge begünstigen außerdem die Entwicklung einer üppigen Bodenvegetation, was die Verjüngung der Waldbäume behindert und die Wasserkonkurrenz verschärft.

Das derzeitige Stickstoffüberangebot verursacht ferner bodenprozessbedingte Säurebelastungen des Wurzelraumes. Die Gesamtsäurebelastung der Waldökosysteme ist mittlerweile primär durch Stickstoffeinträge bedingt. Im Durchschnitt der Level II-Flächen liegt der Anteil des Stickstoffs am potenziellen Säureeintrag bei 65 %. Wenn die Nitratausträge zunehmen, wird dies außerdem zu einer Belastung des Grundwassers führen.

– Einträge von Säuren und säurebildenden Substanzen, insbesondere die Einträge von Schwefel und Ammoniumstickstoff können zu erheblicher Versauerung der Waldböden und des Sickerwassers führen: Die Anionen von Schwefel- und Stickstoffverbindungen setzen im Boden basische Kationen wie Calcium, Magnesium und Kalium frei und werden zusammen mit diesen mit dem Sickerwasser ausgewaschen. Diese anthropogen beschleunigte Bodenversauerung kann nicht nur zu Mangelernährung der Waldbäume, sondern auch zur Belastung des Grundwassers führen.

  Jahrzehntelang haben sich in vielen Waldböden versauernd wirkende Schwefel- und Stickstoffmengen angesammelt, die dort noch lange chemisch aktiv bleiben werden. Dies ist der „Treibstoff“ dafür, dass dort die Bodenversauerung – trotz Erfolgen der Luftreinhaltung – noch über Jahrzehnte fortschreiten wird (siehe Abschnitt III.2.5).

– Bodennahes Ozon (O_3) und andere Photooxidantien entstehen unter dem Einfluss von ultravioletter Sonnenstrahlung sowie unter Mitwirkung von Stickstoffoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen. Bäume nehmen diese Gase über die Spaltöffnungen in Nadeln und Blättern auf. Dort greifen sie in biochemische Abläufe ein, stören den Pflanzenstoffwechsel und zerstören das Chlorophyll in den Blättern. Unsere Waldbäume reagieren unterschiedlich empfindlich auf hohe Ozon-Konzentrationen.

  Diese Wirkungsmechanismen wurden bisher allerdings überwiegend unter kontrollierten Bedingungen an jüngeren Bäumen untersucht. Derzeit wird in Feldversuchen auf Level II-Flächen europaweit untersucht, inwiefern sich diese Forschungsergebnisse auf Freilandbedingungen und auf ältere Bäume übertragen lassen.

  Aktuelle Untersuchungen weisen darauf hin, dass Ozon im Ursachenkomplex der neuartigen Waldschäden eine wichtige Rolle spielen kann. So wurden an Buchen im Alpenraum ab Mitte der 1970er-Jahre untypische, vielfach mehrjährige Zuwachsdepressionen festgestellt, die in ihrer Intensität und Dauer mit der Höhenlage zunehmen. Die zeitliche und räumliche Verteilung der in den Jahrringbreiten dokumentierten Signale deutet eine Reaktion auf hohe Ozonkonzentrationen an.

  Die Studie brachte außerdem einen Wirkungsmechanismus zu Tage, der erklären könnte, weshalb bisherige Untersuchungen zur Wirkung von Ozon auf Waldbäume z. T. zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen kamen. Aufnahme und Schadwirkung von Ozon hängen wesentlich von der Wasserversorgung ab. Bäume mit guter Wasserversorgung nehmen wesentlich mehr Ozon auf als Bäume, die unter Wasserstress stehen: Steht während sommerlicher Schönwetterperioden (= hohe Ozonbildung) ausreichend Wasser zur Verfügung, öffnen die Bäume ihre Spaltöffnungen, Ozon kann in die Nadel- bzw. Blattorgane eindringen. Bei knappem Wasserangebot dagegen schließen die Bäume die Spaltöffnungen und schützen sich damit auch wirksam vor Ozon. Wird dieser Effekt in Untersuchungen nicht berücksichtigt, kann dadurch die Wirkung von Ozon möglicherweise verschleiert bzw. unerkannt bleiben.

Entwicklung bei ausgewählten Luftverunreinigungen

Nachfolgend werden die Entwicklungen bei Luftverunreinigungen skizziert, die im Ursachenkomplex der neuartigen Waldschäden eine besondere Rolle spielen. Dabei ergeben sich z. T. deutliche Unterschiede zwischen dem Schadstoffausstoß (Emission), der an Waldstationen gemessenen Gaskonzentration in der Luft (Immission) sowie dem an Waldstationen gemessenen Eintrag dieser Stoffe (Deposition). Emissionsminderungen stehen teilweise nicht in gleichem Maße verringerte Immissions- und v. a. Depositionswerte gegenüber. Die Ursachen dafür sind vielfältig (z. B. grenzüberschreitende Verfrachtung der Luftverunreinigungen, Auskämmeffekt der Bäume etc.).

Bei der Beurteilung der Wirkung von Luftverunreinigungen in Waldökosystemen bzw. bei der Ableitung von Handlungsbedarf müssen daher Emissionen, Immissionen und Deposition dieser Stoffe gleichermaßen einbezogen werden. Für die Gesamtbetrachtung ist außerdem wichtig, ob diese Stoffe in den Waldökosystemen weiterhin angereichert werden oder z. B. mit dem Sickerwasser ausgetragen werden.

Emissionen

Der Schadstoffausstoß wurde in den letzten Jahren deutlich verringert:

– Die Schwefeldioxid-Emissionen (SO_2) gingen zwischen 1990 und 2000* um 85 % zurück (2000*: 0,80 Mio. t).

– Die Stickstoffoxid-Emissionen (NO_x) gingen von 1991 bis 2000* um ca. 41 % zurück (2000*: 1,60 Mio. t).

– Die Ammoniak-Emissionen (NH_3) gingen seit 1990 um ca. 19 % zurück (2000*: ca. 0,60 Mio. t).

Weiterführende Information zu dieser Thematik ist erhältlich vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie vom Umweltbundesamt bzw. auf den Internetseiten http://www.bmu.de bzw. http://www.umweltbundesamt.org/dzu/default.html.

Die Ergebnisse von Immissions- und Depositionsmessungen (siehe unten) spiegeln diese Emissionsminderungen allerdings nur zum Teil wider:

Immissionen an Waldstationen

– Die Konzentrationen von Schwefeldioxid gingen sowohl in Ballungsräumen als auch in niedriger belasteten Regionen (z. B. ländliche Räume) sehr deutlich zurück.

– Die Konzentrationen von Stickstoffoxiden gingen in den letzten Jahren auf die Gesamtfläche bezogen zurück. Allerdings sind in niedriger belasteten Regionen (meist mit hohem Waldanteil) keine nennenswerten Veränderungen erkennbar.

---

* Angabe vorläufig.

– Auch die Konzentrationen von Ammoniak in der Luft werden vereinzelt gemessen. Dieses Gas setzt sich in der Luft mit anderen Luftverunreinigungen sehr schnell zu anderen Stickstoffverbindungen (v. a. Ammonium) um. Akute Vegetationsschäden durch Ammoniak treten meist nur in unmittelbarer Nähe zu Emittenten auf. Allerdings spielen die Umsetzungsprodukte von Ammoniak (v. a. Ammonium) eine wesentliche Rolle hinsichtlich der indirekt wirkenden Einträge (siehe unten).

– Bei den Ozon-Konzentrationen in der Luft sind die Spitzenwerte deutlich zurückgegangen, während die für die Ökosysteme maßgeblichen Langzeit-Mittelwerte sich auf hohem Niveau gehalten haben. Ozon ist damit derzeit der einzige gasförmige Luftschadstoff, dessen kritischer Wert zeitweilig großräumig, v. a. in den höheren Lagen der Mittelgebirge, überschritten wird. Eine direkte Schädigung von Waldbäumen infolge hoher Ozonwerte kann daher nicht ausgeschlossen werden.

Deposition an Waldstationen

Messungen der Stoffeinträge (Depositionen) an Waldstandorten zeigen:

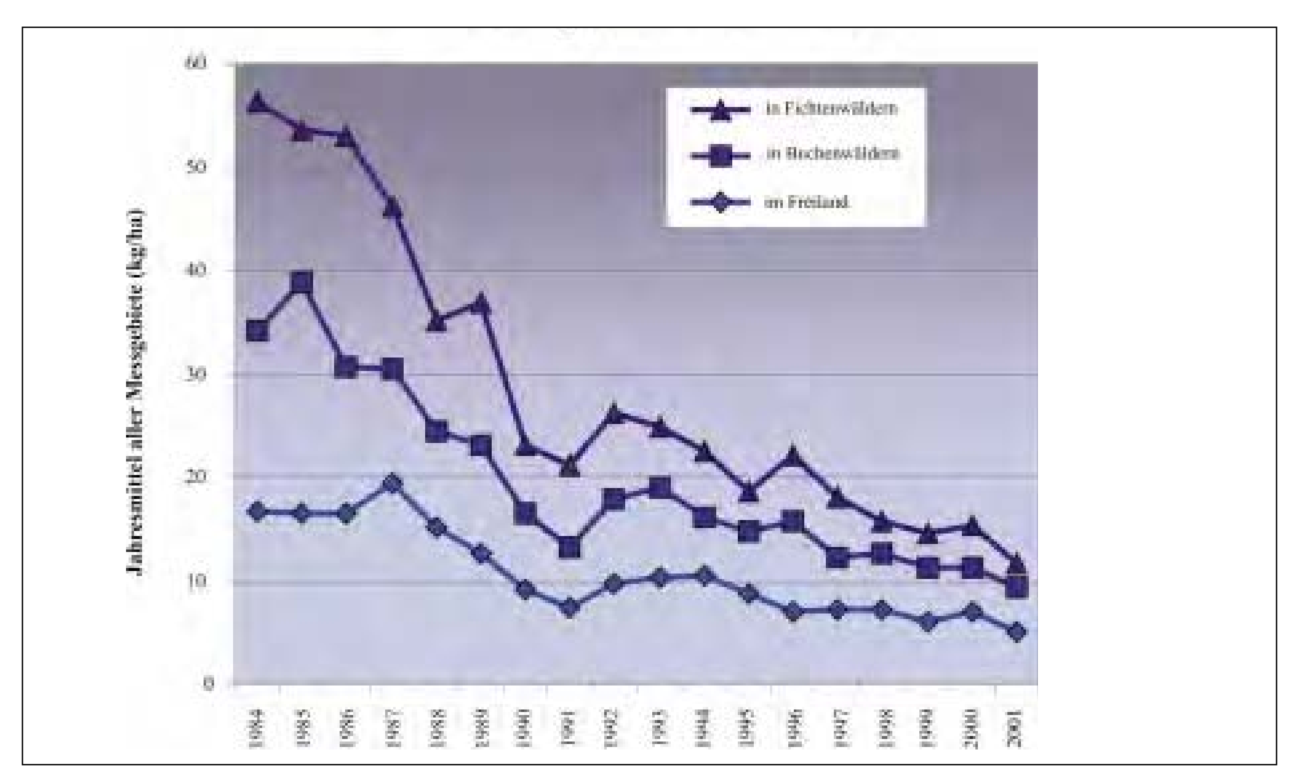
– Waldökosysteme filtern aufgrund der großen Kronenoberflächen Verunreinigungen aus der Luft: So liegt der Stoffeintrag im Wald je nach Baumart, Bestandesalter und Bestandesdichte etwa eineinhalb- bis dreimal so hoch wie im Freiland. Über die Jahrzehnte haben sich in den Waldböden daher erhebliche Mengen dieser Substanzen angereichert (vgl. Abbildung 26 und 27).

– Die Schwefeleinträge lagen 2000 im Durchschnitt von 86 bundesweit verteilten Level II-Dauerbeobachtungsflächen in Waldbeständen bei rd. 8 kg/ha, allerdings mit z. T. erheblicher Variation (2,9 bis 23,7 kg/ha).

Für einige Messstationen liegen Depositionsmessungen vor, die noch weiter zurückreichen. Der Vergleich mit den dort vor 1990 gemessenen Depositionen zeigt, wie sehr die Schwefelbelastung im Laufe der letzten 15 Jahre zurückgegangen ist: Im Mittel der Jahre 1985 bis 1989 lag der Schwefeleintrag an 57 westdeutschen Waldstationen bei durchschnittlich rd. 42 kg/ha und Jahr; an einigen ostdeutschen Waldstationen wurden in diesem Zeitraum sogar mittlere jährliche Schwefeleinträge von bis zu 170 kg/ha gemessen. Abbildung 26 verdeutlicht den Rückgang der Schwefeleinträge am Beispiel Hessischer Weiserflächen.

Abbildung 26

Mittlere Schwefeleinträge mit dem Bestandes- bzw. dem Freilandniederschlag (Jahresmittelwerte aller Hessischen Weiserflächen[2])



Quelle: Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten

[2] In die Berechnung gingen die Messreihen von insgesamt 68 Messstellen ein, davon 31 Messstellen im Freiland, 22 in Fichtenbeständen und 15 in Buchenbeständen.

– Die Stickstoffeinträge[3] in den 86 Waldbeständen des Level II-Programms lagen im Jahr 2000 bei durchschnittlich 20,1 kg/ha, auch hier mit erheblicher Streubreite (5,8 bis 43,1 kg/ha). Diese gemessenen Raten sind als Minimaleinträge zu bewerten, weil Stickstoffeinträge – methodisch bedingt – in der Regel unterschätzt werden (siehe unten). Jedoch übersteigen selbst diese gemessenen Raten mittlerweile die Schwefeleinträge erheblich. Die kritischen Werte für Stickstoffeinträge liegen in Waldökosystemen je nach Ökosystemtyp zwischen etwa 5 und 20 kg pro ha und Jahr. Damit werden – trotz rückläufiger Stickstoffemissionen (siehe oben) – die Critical loads auf nahezu allen Messflächen im Wald überschritten.

Weiter zurückreichende Messreihen zeigen, dass die so bestimmten Minimalwerte der Stickstoffdeposition an Waldstandorten im Laufe der letzten 15 Jahre eine etwa gleichbleibende bis geringfügig abnehmende Entwicklung aufweisen. Die erreichten Emissionsminderungen spiegeln sich in den Depositionsmessungen bisher nicht wider; die Stickstoffeinträge in die Wälder haben sich in den letzten Jahren kaum verändert (vgl. Abbildung 27).

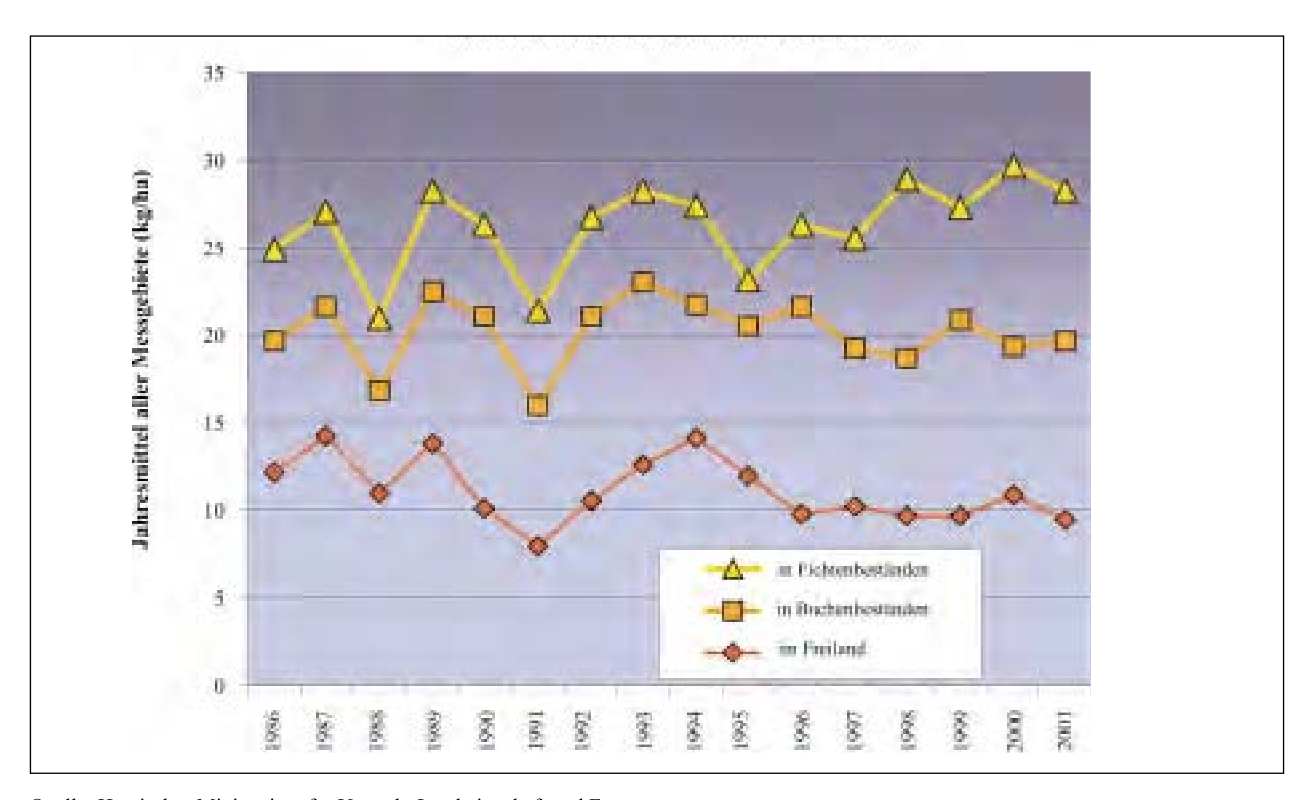
Abbildung 28, Seite 32, zeigt eine Karte der Stickstoffdeposition in Wäldern. Sie basiert auf einer Interpolation von Messungen der Nassdeposition (Regen, Schnee, ...) an ca. 200 Standorten sowie einer hochauflösenden Modellierung der Trockendeposition (von stickstoffhaltigen Gasen und Partikeln) mit den Modellen EDACS und EUTREND. Dieser Modellierung liegen umfangreiche Datensätze zur Landnutzung, zur Emission sowie zur zeitlich hochauflösenden Meteorologie und Immissionskonzentrationen zugrunde.

Die Karten der Gesamtdeposition zeigen, dass die Stickstoffeinträge in Wälder von 1990 bis 1999 bundesweit um durchschnittlich 10 bis 30 % zurückgegangen sind, in weiten Teilen der ostdeutschen Länder und Nordwestdeutschlands (dort allerdings von einem sehr hohen Niveau) sogar noch wesentlich stärker. In keiner Region sind die Stickstoffeinträge angestiegen.

Im Hinblick auf die Stickstoffeinträge zählen die deutschen Waldflächen – wie auch zahlreiche andere Untersuchungen zeigen – zu den am höchsten belasteten Regionen in Europa (vgl. Abschnitt IV). Dies äußert

Abbildung 27

Mittlere Stickstoffeinträge (Summe aus Nitrat- und Ammoniumstickstoff) mit dem Bestandes- bzw. dem Freilandniederschlag (Jahresmittelwerte aller Hessischen Weiserflächen)

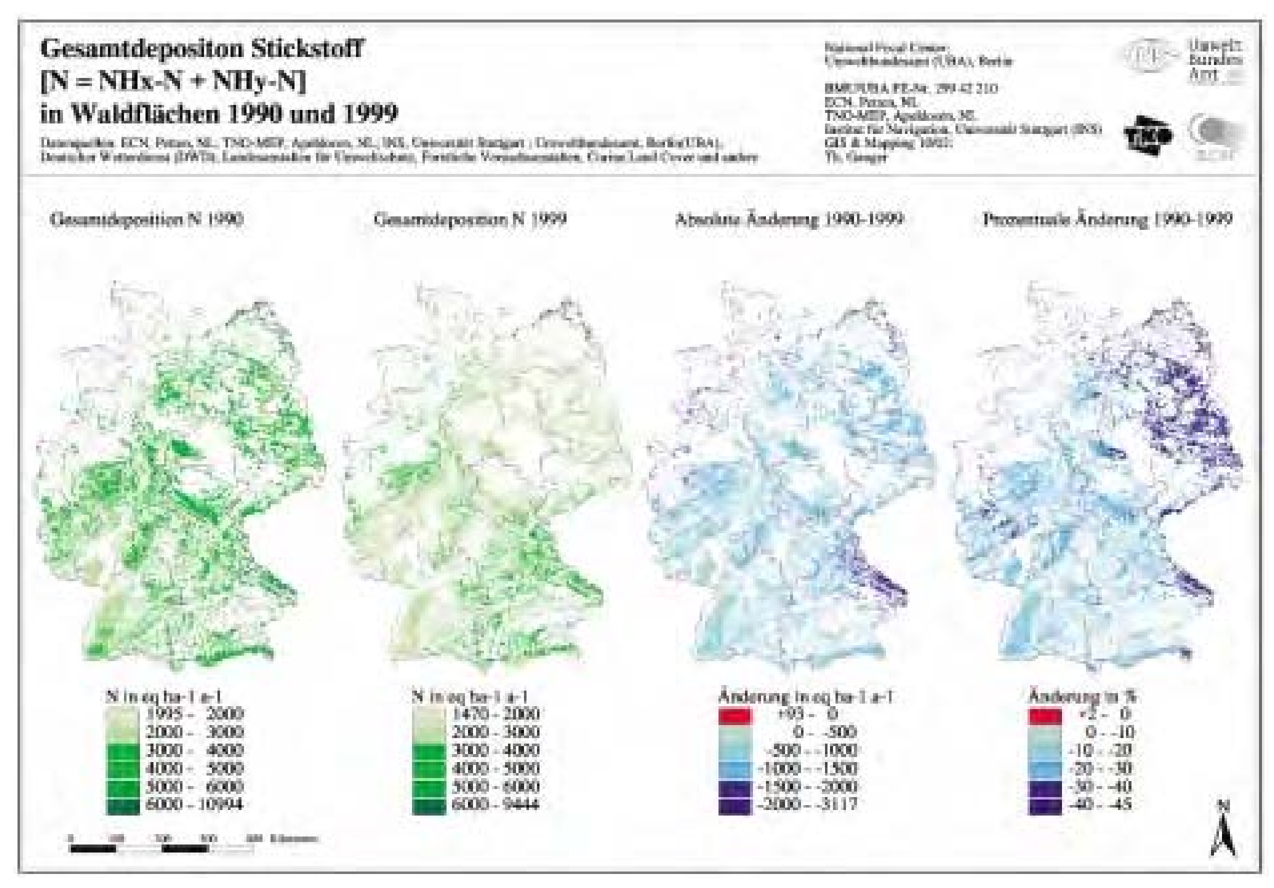


Quelle: Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten

[3] Gemessen im Bestandesniederschlag und kronenraumbilanziert.

Abbildung 28

Entwicklung der Gesamtdeposition von Stickstoff in Waldflächen von 1990 bis 1999



Quelle: Umweltbundesamt, Berlin

sich u. a. auch in dem – in den letzten Jahren zunehmenden – Phänomen, dass stickstoffzeigende Pflanzen (z. B. Himbeeren, Brombeeren, Sandrohr, Drahtschmiele, Brennnessel etc.) selbst in weitgehend geschlossenen Waldbeständen dichte Vegetationsdecken bilden und damit u. a. auch die natürliche Verjüngung der Waldbäume behindern.

Im Durchschnitt der 86 Level II-Dauerbeobachtungsflächen in Waldbeständen ist der Anteil des Ammoniums (v. a. aus der landwirtschaftlichen Tierhaltung) am Gesamtstickstoff im Bestandesniederschlag höher als der Anteil von Nitrat (v. a. aus Kfz-Abgasen). Dabei bestehen jedoch erhebliche regionale Unterschiede (vgl. Abbildung 29). In der Regel ist der Anteil des Ammoniums in stark belasteten Regionen besonders hoch. Dieses Bild wird durch die o. g. flächendeckende Erfassung der Stickstoffdeposition bestätigt.

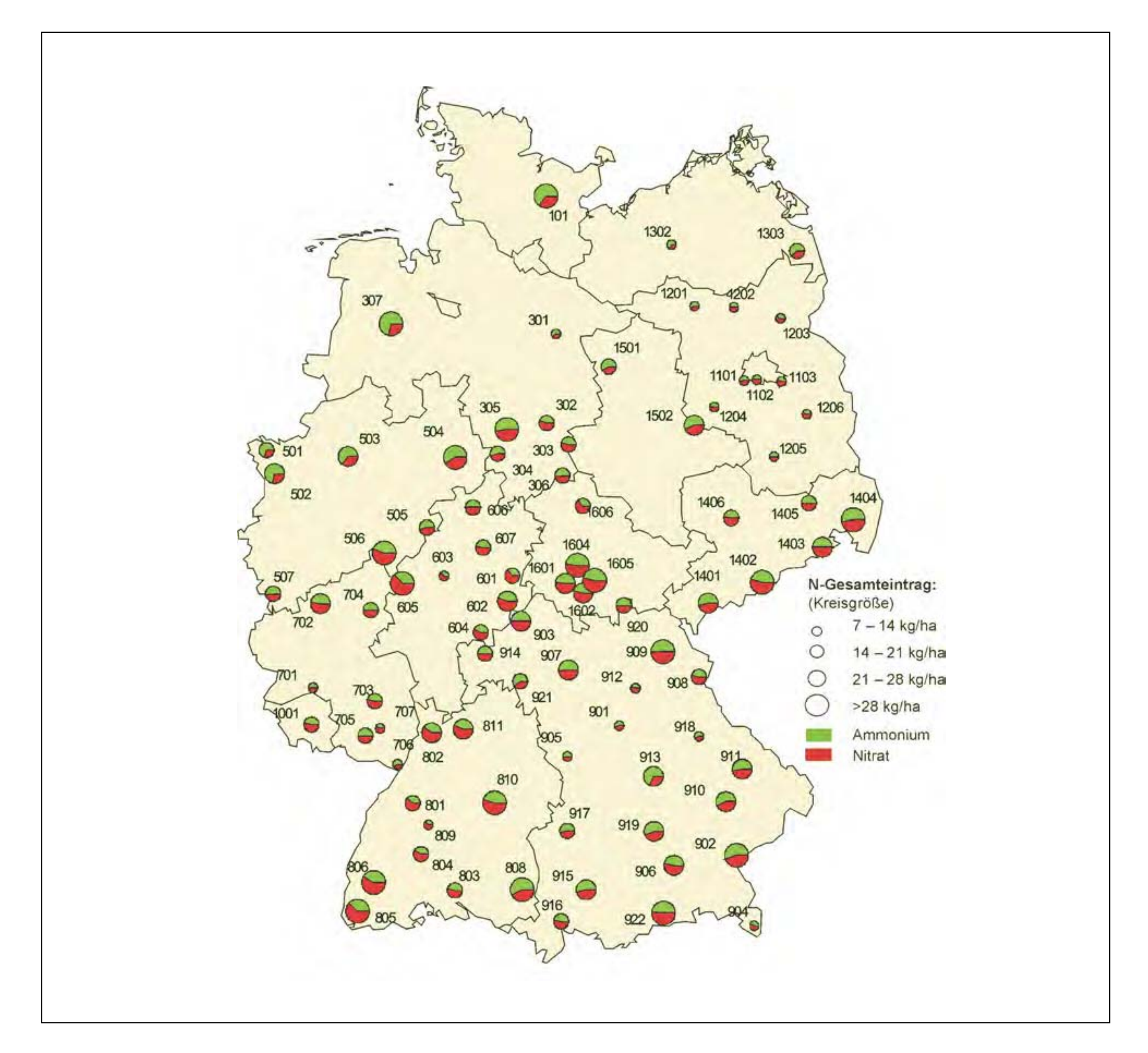
Die Höhe der Stickstoffbelastung durch atmosphärische Einträge ist schwer zu erfassen und wird durch die im forstlichen Monitoring bisher eingesetzten Methoden wahrscheinlich systematisch unterschätzt: Verschiedene Bindungsformen des Stickstoffs werden von den Bäumen bereits im Kronenraum aufgenommen; diese nicht messbaren Raten können durch nachträgliche Bilanzmodelle nur unvollständig geschätzt werden. Andererseits bestehen methodische Schwierigkeiten bei der Modellierung trockener Stickstoffdepositionen, wie sie für die Erstellung der flächendeckenden Karten (Abbildung 28) zum Einsatz kamen.

Trotz dieser Unsicherheiten wird jedoch zunehmend deutlich, dass die Bedeutung von Stickstoff für den Säure/Basen- und den Nährstoffhaushalt der Waldökosysteme größer ist als bisher angenommen.

– Die Säureeinträge (v. a. aus Sulfat, Nitrat und Ammonium) sind insgesamt deutlich zurückgegangen. Zwischen 1990 und 1999 gingen die Säureeinträge insbesondere in hoch belasteten Gebieten erheblich zurück. So waren Säureeinträge in den südlichen neuen Bundesländern 1999 um bis zu 80 % niedriger als 1990 (vgl. Abbildung 30).

Abbildung 29

Ammonium, Nitrat und Stickstoffgesamteinträge[4] auf den Level II-Flächen im Jahr 2000 (in kg/ha)



Diese Entwicklung ist im Wesentlichen auf eine Verringerung der Sulfateinträge zurückzuführen. Dadurch hat sich das Verhältnis zwischen Schwefel und Stickstoff als Säurebildner verschoben. War früher Schwefel der größere Säurebildner, so hat inzwischen Stickstoff diese Rolle übernommen. Mittlerweile werden die höchsten Säureeinträge in Gebieten gemessen, die durch Ammoniumeinträge geprägt sind, Ammoniak/Ammonium ist der wichtigste Säurebildner geworden. Zudem überwiegt inzwischen an den meisten Waldstandorten die Problematik der Eutrophierung (ebenfalls eine Folge der Stickstoffeinträge) gegenüber der Versauerung.

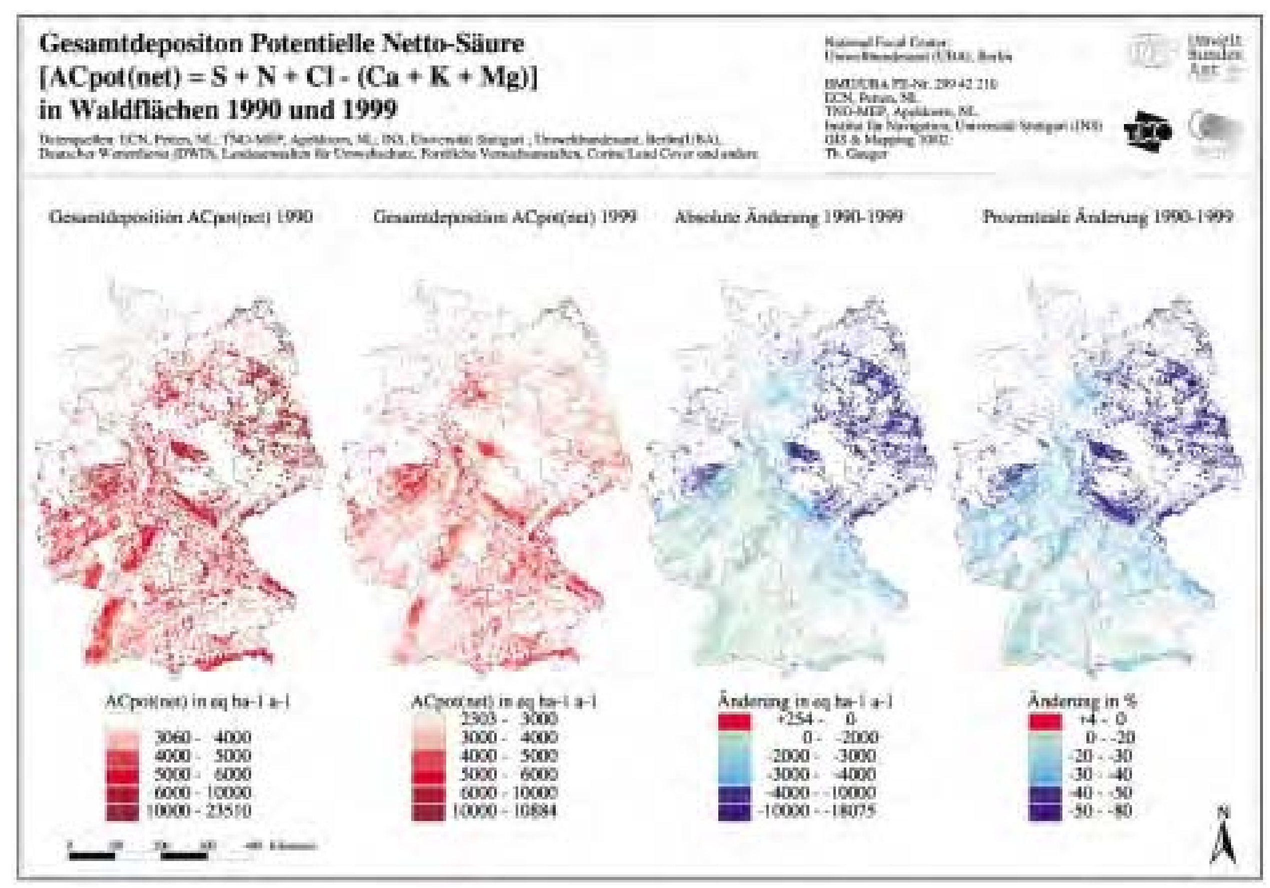
Die Gesamtsäureeinträge[5] liegen – trotz des o. g. deutlichen Rückgangs – im Durchschnitt der 86 Level II-Dauerbeobachtungsflächen in Waldbeständen immer noch bei 1,5 kmolc pro Hektar und Jahr, allerdings auch hier mit erheblichem Streuungsbereich (0,3 bis 4,1 kmolc pro Hektar und Jahr). Einträge von potenzieller Säure, welche die langfristig versauernde Wirkung von Ammoniumeinträgen voll berücksichtigen, liegen sogar bei durchschnittlich 2,3 kmolc pro Hektar und Jahr.

[4] Gemessen im Bestandesniederschlag und kronenraumbilanziert.

[5] Gemessen im Bestandesniederschlag und kronenraumbilanziert.

Abbildung 30

Entwicklung der Gesamtdeposition potenzieller Säure (netto) in Waldflächen von 1990 bis 1999



Quelle: Umweltbundesamt, Berlin

Damit wird das natürliche Puffervermögen vieler nicht karbonatischer Standorte i. d. R. deutlich überschritten. Um dem Risiko einer weiteren Bodenversauerung durch anhaltende Säureeinträge entgegenzuwirken, bedürfen versauerungsempfindliche Waldböden daher weiterhin der Bodenschutzkalkung.

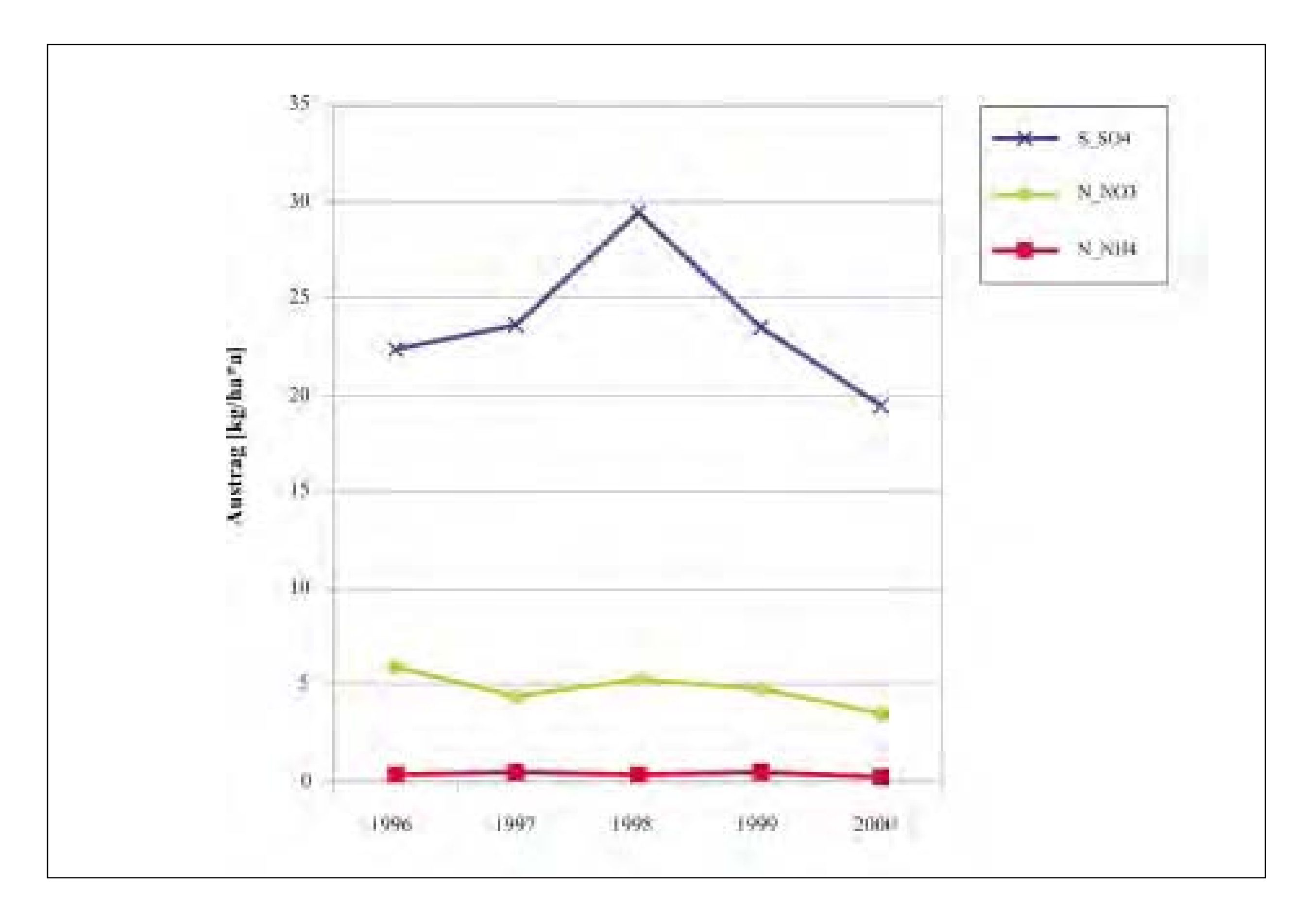
– Stäube – oft Träger von Pflanzennährelementen wie Kalium, Calcium und Magnesium, aber auch von Schadstoffen wie Cadmium und Blei – werden im Vergleich zu den 70er-/80er-Jahren (vor dem Einsatz von Entstaubungsmaßnahmen bei Großemittenten) insgesamt nur noch in geringen Mengen in die Wälder eingetragen. Gleichwohl gibt es nach wie vor regionale Schwerpunkte, an denen auch heute noch überdurchschnittlich hohe Schwermetalleinträge in Waldökosysteme stattfinden (z. B. im Bereich der Rhein-Ruhr-Schiene in Nordrhein-Westfalen).

Austräge mit dem Sickerwasser

Ein weiterer wichtiger Weiser für den Zustand der Waldökosysteme ist die chemische Zusammensetzung des Sickerwassers unter Waldbeständen. Daher wird an zahlreichen Level II-Flächen auch das Sickerwasser auf seine chemische Zusammensetzung untersucht. Die dabei gewonnenen Daten ermöglichen Rückschlüsse auf die Zusammensetzung der Bodenlösung im Hauptwurzelraum der Bäume und die Größenordnung der Elementausträge mit dem Sickerwasser. Eine Auswertung der Austragsdaten von 55 Level II-Flächen für den Zeitraum 1996 bis 2000 kommt zu folgenden Ergebnissen (vgl. Abbildung 31):

Abbildung 31

Mittlere Stickstoff- bzw. Schwefelausträge aus dem Hauptwurzelraum von Level II-Flächen



– Sulfatschwefel ist das wichtigste säurebildende Anion im Sickerwasser der untersuchten Waldstandorte: Durchschnittlich wurden zwischen 1996 und 2000 jährlich rd. 20 bis 30 kg Schwefel je Hektar mit dem Sickerwasser ausgetragen. Diese Austräge liegen fast um das Dreifache über den aktuellen Schwefeleinträgen.

– Stickstoff wurde im Sickerwasser der untersuchten Waldstandorte mit durchschnittlich rd. 3,8 kg je Hektar und Jahr gemessen. Rund 90 % der Stickstoffausträge erfolgen als Nitrat; Ammoniumausträge spielen im Sickerwasser der hier untersuchten Waldstandorte nur eine untergeordnete Rolle. Der Grund hierfür ist, dass die Pflanzen Ammonium gegenüber Nitrat bevorzugen und aufnehmen. Außerdem wird Ammonium von den Bodenmikroben abgebaut (nitrifiziert), sodass es kaum in das Sickerwasser gelangt.

III.2.5 Gefährdungspotenziale durch Bodenversauerung

Die Böden unterliegen in unserem Klimabereich einer natürlichen Versauerung: Hauptsäurequelle für diesen Prozess ist Kohlensäure aus der Atmosphäre, der Wurzelatmung sowie der mikrobiellen Aktivität im Boden. Dieser Prozess läuft sehr langsam ab und verursacht normalerweise keine Werte unter pH 5. Inzwischen weisen aber über 80 % der in Deutschland überwiegenden, carbonatfreien Waldstandorte Werte deutlich unter pH 5 auf (vgl. Anlage 2).

Ursache hierfür sind vor allem versauernd wirkende Einträge aus Luftverunreinigungen. Das Ausmaß der anthropogenen Säureeinträge lässt sich am Beispiel Schwefel verdeutlichen: Seit Beginn der Industrialisierung wurden in Europa große Mengen fossiler Energieträger verbrannt und damit erhebliche Schwefelmengen in die Atmosphäre freigesetzt (vgl. Abbildung 32).

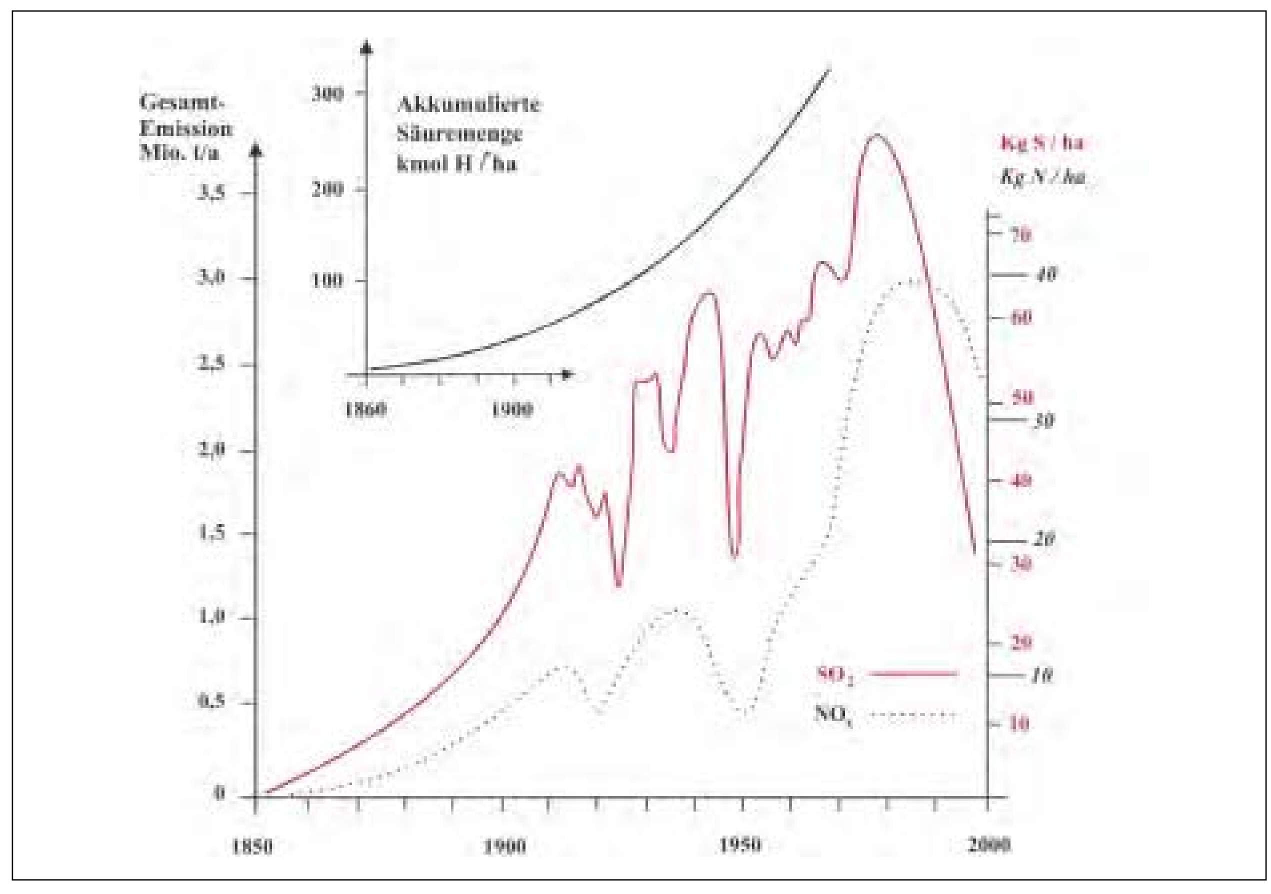
Aus Industriestatistiken wurde errechnet, dass in Mitteleuropa zwischen 1880 und 1991 zwischen 2 000 und 5 000 kg Schwefel pro Hektar deponiert wurden.

Dabei gibt es erhebliche regionale Unterschiede; industrienahe Standorte und Ballungsräume waren/sind besonders betroffen. Wälder in der „Windfahne“ großer Emittenten hatten nicht nur unter hohen Schwefeldioxidkonzentrationen zu leiden, sondern erhielten aufgrund des Auskämmeffektes der Baumkronen sogar noch deutlich höhere Schwefeleinträge.

Abbildung 32



Jährliche Emission von SO_2 und NO_x (in Mio. t pro Jahr und in kg/ha und Jahr) sowie die kumulative Säureemission in Form von SO_2 und NO_x (kmol H^+ pro ha) seit 1850 auf dem Gebiet der Bundesrepublik Deutschland in den Grenzen bis 1. Oktober 1990



Quelle: ULRICH, B. (1989), ab 1986 geschätzt nach Daten des Umweltbundesamtes (1989)

Die Bäume können nur einen geringen Teil des Schwefels als Nährelement aufnehmen (ca. 5 bis 10 kg pro Jahr und Hektar). Der aufgenommene Schwefel gelangt allerdings über den Streufall wieder in den Boden und wird dort von den Pflanzen erneut aufgenommen. Diesem Vorgang standen über ein Jahrhundert Einträge in einer Größenordnung von 18 bis 45 kg Schwefel je ha und Jahr gegenüber. Im Ergebnis kommen die oben genannten, erheblichen Gesamtmengen zustande. Diese Schwefelmengen haben in den Waldböden Deutschlands chemische Spuren hinterlassen:

– Nährstoffverarmung und Bodenversauerung: Ein großer Teil des eingetragenen Schwefels liegt im Boden als Sulfat vor. Es wird mit der Bodenlösung tiefer verlagert bzw. aus dem Boden ausgewaschen. In der Folge verarmen die durchströmten Bodenbereiche an so genannten „basischen“ Nährstoffkationen (Kalium, Calcium, Magnesium). Bei niedrigen pH-Werten des Bodens (etwa ab pH $< 4{,}5$) werden so genannte „saure“ Kationen (Mangan, Aluminium, Eisen) freigesetzt und ebenfalls ausgetragen. Diese Vorgänge führen einerseits zur Verarmung an Pflanzennährstoffen und zur Versauerung, andererseits kann der Austrag von „sauren“ Kationen zu einer Gefahr für nachgeschaltete aquatische Ökosysteme (z. B. Bäche, Flüsse, Seen) und das Grundwasser werden.

– Anreicherung und Freisetzung von Schwefel: Ein Teil des eingetragenen Schwefels kann zunächst in der Bodenfestphase gespeichert werden und unterliegt damit nicht der unmittelbaren Auswaschung. Bei zurückgehenden Schwefeleinträgen, kann der gespeicherte Schwefel wieder instabil werden und in die Bodenlösung gelangen. Dort wirkt er erneut versauernd und unterliegt der Auswaschung mit dem Sickerwasser. So wurden an den deutschen Level II-Flächen zwischen 1996 und 2000 jährlich rd. 20 bis 30 kg Schwefel je Hektar mit dem Sickerwasser ausgetragen. Diese Austräge liegen fast um das Dreifache über den aktuellen Schwefeleinträgen. Dies erklärt das scheinbar paradoxe Phänomen, dass trotz dramatisch verringerter Schwefeleinträge die Schwefelausträge auf einigen Waldstandorten deutlich erhöht sind.

Seit Mitte der 70er-Jahre gingen in Deutschland die Schwefelkonzentrationen in der Luft infolge der Luftreinhaltemaßnahmen um rd. 90 % zurück. In der Folge sanken auch die Schwefeleinträge in Wäldern. Trotz deutlich geringerer Schwefeleinträge bleiben die Schwefelkonzentrationen in der Bodenlösung jedoch hoch. Infolge der o. g. veränderten bodenchemischen Bedingungen hat in vielen Waldböden nun die Freisetzung des über Jahrzehnte akkumulierten Schwefels begonnen. Das freigesetzte Sulfat kann den Wurzelraum nur verlassen, wenn es mit dem Sickerwasser ausgewaschen wird. Viele Waldböden sind damit von einer Schwefelsenke zu einer Schwefelquelle geworden (vgl. Abbildung 33).

Schwefel war über Jahrzehnte hinweg zwar die mengenmäßig wichtigste versauernd wirkende Komponente, bei weitem aber nicht die einzige. Inzwischen leisten Stickstoffverbindungen den größten Beitrag zu den Säureeinträgen.

Säure- und Stickstoffeinträge bewirken in den Waldökosystemen Vorgänge, die noch lange nachwirken werden:

1. Nährstoffverluste sowie Nährstoffungleichgewichte: Sie beeinträchtigen die Vitalität der Waldbäume und erhöhen deren Anfälligkeit gegen andere Stressfaktoren.
2. Säurestress im Wurzelraum.
3. Beeinträchtigung der Filter-, Puffer- und Reglerfunktionen der Waldböden: Risiko für den Wasserkörper: Aluminiumionen und Schwermetalle können in Lösung gehen und in das Grundwasser gelangen.
4. Verschiebungen im Artenspektrum.

III.2.6 Folgerungen für die Politik

Die o.g. Ergebnisse zeigen immer deutlicher, wie tiefgreifend Luftverunreinigungen die Abläufe in den Waldökosystemen verändert haben: Jahrzehntelang anhaltende Einträge von Schwefel und Stickstoff haben nicht nur die Gesundheit der Waldbäume beeinträchtigt, sondern auch zu schwerwiegenden und langfristig wirksamen Veränderungen der Waldböden, der Bodenvegetation und teilweise auch der Qualität des Sickerwassers geführt.

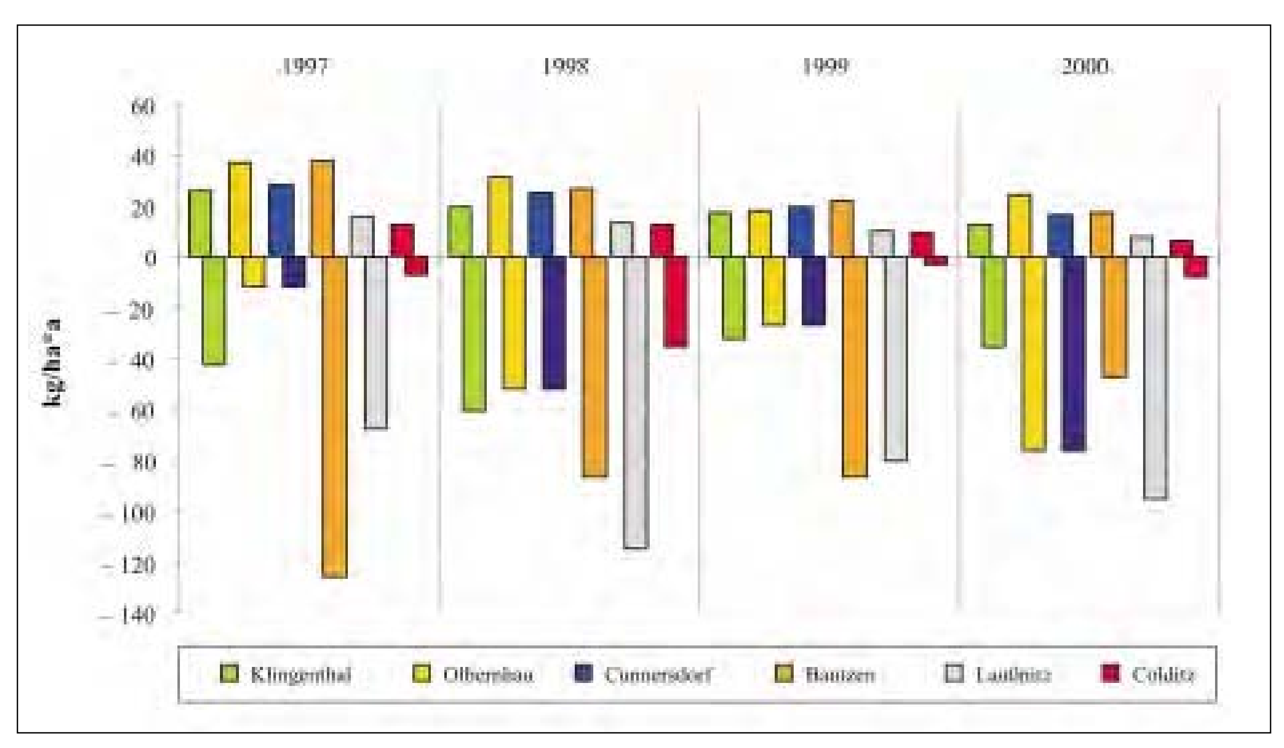
Zwar hat sich die Luftqualität beispielsweise beim Schwefeldioxid entscheidend verbessert; insofern haben sich die Anstrengungen und Investitionen zur Luftreinhaltung gelohnt. Allerdings werden – wie das oben gezeigte Beispiel der Schwefelausträge aus den Waldböden zeigt (vgl. Abschnitt III.2.5) – die Einträge aus der Vergangenheit noch lange eine kritische Altlast bleiben.

Hinzu kommt, dass – trotz der bisherigen Maßnahmen – die Stickstoffbelastung der Wälder bisher kaum zurückgegangen ist und vielfach auch die Säureeinträge immer noch zu hoch sind. Die bisherigen Erfolge der Luftreinhaltung reichen daher nicht aus.

Abbildung 33



Ein- und Austräge von Sulfatschwefel auf sächsischen Level II-Flächen



Quelle: Raben, G.; Andreae, H.; Meyer-Heisig, M. (2000): Long-Term Acid Load and its Consequences in Forest Ecosystems of Saxony (Germany). Water, Air and Soil Pollution 122, 93–103

III.3 Wasserspeicherfunktion des Waldes und Hochwasservorsorge

Der Wald spielt im Wasserkreislauf eine wichtige Rolle. Er fängt Niederschläge auf, hält das Wasser zurück und hat damit eine ausgleichende Wirkung auf den Abfluss. Bei normalen Niederschlagsereignissen trägt der Wald wesentlich zur Vermeidung von Hochwasser bei. Kronenverlichtungen und immissionsbedingte Veränderungen der Waldböden (z. B. Versauerung) können die Fähigkeit der Waldökosysteme, Niederschlags- und Schmelzwasser zurückzuhalten bzw. zu speichern, beeinträchtigen. Über das Ausmaß dieser Beeinträchtigung liegen bisher nur wenige gesicherte Erkenntnisse vor.

Allerdings hat die Wasserspeicherkapazität der Wälder ihre Grenzen. Werden diese infolge ungünstiger Witterungskonstellationen (z. B. mehrere Starkregen in Folge) überschritten, kann auch ein gesunder Wald extreme Hochwasser nicht verhindern.

Im August 2002 lag eine solche Witterungskonstellation vor. Sintflutartige Regenfälle führten an Elbe und Donau sowie deren Nebenflüssen und in angrenzenden Staaten zu einem Hochwasser bisher kaum gekannten Ausmaßes. Vor diesem Hintergrund wird im Folgenden skizziert,

- wie Wald im Wasserkreislauf wirkt (Abschnitt III.3.1),
- welche Faktoren das Hochwasserrisiko verschärfen (Abschnitt III.3.2) und
- welche Maßnahmen zur Hochwasservorbeugung ergriffen wurden (Abschnitt III.3.3).

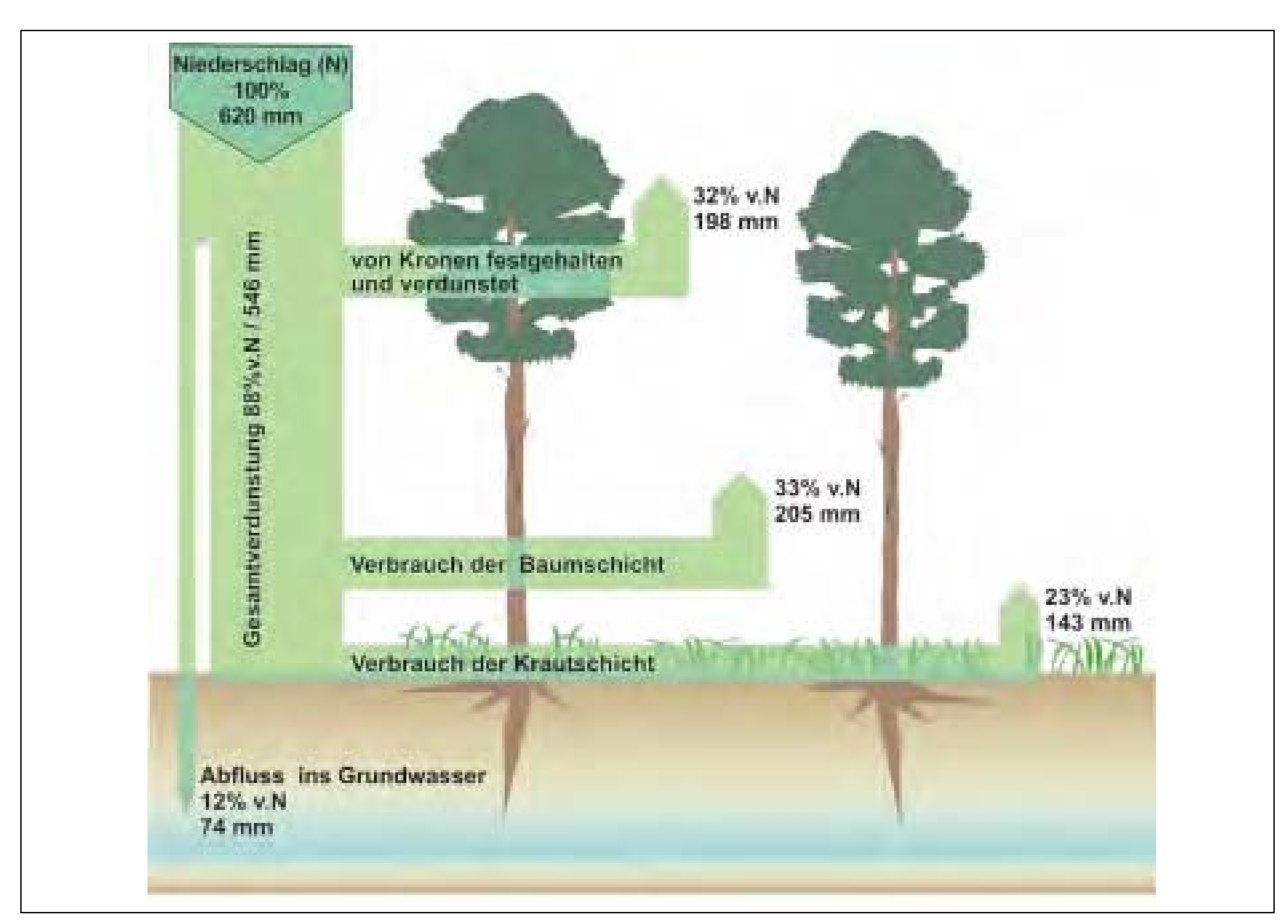
III.3.1 Wald trägt mehr als jedes andere Ökosystem zur Vermeidung von Hochwasser bei

Der Wald kann Niederschlags- und Schmelzwasser wie ein Schwamm aufsaugen und speichern. Ein Teil des Wassers wird von der Waldvegetation verbraucht, der Rest erst mit Verzögerung wieder abgegeben. Auf diese Weise wirkt der Wald reduzierend und ausgleichend auf den Wasserabfluss und trägt so zur Vermeidung bzw. zur Dämpfung von Hochwasserspitzen bei.

An der ausgleichenden Wirkung auf den Wasserhaushalt sind verschiedene Vorgänge beteiligt (vgl. Abbildung 34):

Abbildung 34

Wasserhaushalt im Wald, dargestellt am Beispiel eines Kiefernökosystems im nordostdeutschen Tiefland



Quelle: BFH-Institut für Forstökologie und Walderfassung, Eberswalde

– Kronenraum: Wälder haben eine größere Oberfläche als jede andere Vegetationsform. Niederschläge müssen erst die Oberfläche der Baumkronen und evtl. vorhandener weiterer Vegetationsschichten benetzen und durchdringen, bevor sie den Waldboden erreichen. Hinzu kommt, dass ein großer Teil des Wassers von Blatt- und Nadeloberflächen sofort wieder verdunstet, ein weiterer Teil kann über die Blattorgane aufgenommen werden.

  Je nach Dichte und Länge der Baumkronen, Zusammensetzung und Deckungsgrad von Baum-, Strauch-, Kraut- und Moosschicht sind zwischen 0,5 und 5 mm Niederschlag erforderlich, bevor der Niederschlag bis zum Waldboden vordringen kann. Diese Größenordnung hängt wesentlich von der Baumart sowie von der Höhe und der Verteilung der Niederschläge ab: Grundsätzlich verdunsten im Kronenraum von Waldbeständen mit immergrünen Baumarten (z. B. Fichte und Kiefer) im Jahresverlauf deutlich höhere Niederschlagsmengen als aus Beständen mit laubabwerfenden Baumarten (z. B. Buche). Außerdem ist der Verdunstungsanteil in Regionen mit geringen Niederschlägen (= hohes Wasserdefizit und hohe Benetzungsverluste) höher als in Regionen mit höheren Niederschlägen. Im Mittel über alle Waldbestände werden etwa 30 % der Niederschläge aufgefangen und wieder verdunstet, bevor sie den Boden erreichen.

  Der Kronenraum mindert die Aufprallenergie des Niederschlags. So kann das Wasser einerseits leichter versickern, andererseits mindert dies die Erosion.

  Im Frühjahr wirkt die schattenspendende Kronenschicht außerdem dämpfend auf die Schneeschmelze bzw. auf die Freigabe von Schmelzwasser.

– Waldboden: Waldböden weisen eine raue, große Oberfläche auf, die einem oberflächigem Wasserabfluss entgegenwirkt. Infolge hoher biologischer Aktivität ist die Bodenoberfläche außerdem aufgelockert und porös, Niederschlagswasser kann schnell versickern. Der Oberflächenabfluss in Wäldern ist daher sehr gering. Normalerweise kommt es im Wald nur in Hanglagen zu oberflächigem Abfluss von Niederschlagswasser; aber auch auf solchen Standorten fließen lediglich 5 bis 10 % der Jahresniederschlages oberflächig ab. In waldfreien Landschaften ist dieser Anteil wesentlich höher.

  Ausgleichend auf den Wasserhaushalt wirkt auch die Wasserspeicherkapazität des Waldbodens: Er ist ein leistungsfähiger Wasserspeicher, der Wasser aufnimmt und in seinen Poren festhält. Speicherkapazität und -eigenschaften hängen vor allem von Humusanteil, Hohlraumgehalt, Bodenmächtigkeit (Tiefgründigkeit) und Bodenstruktur ab. Zur Hohlraumbildung tragen sowohl Tiere (z. B. Regenwürmer) als auch Pflanzen bei. Insbesondere die Baumwurzeln dringen tief in das Erdreich ein und lockern dieses auf. Durchwurzelungstiefe und -intensität sind baumartenspezifisch: Die Baumarten haben im Laufe der Evolution unterschiedliche Durchwurzelungsstrategien entwickelt. Eichen, Buchen und Tannen wurzeln i. d. R. tiefer als Fichten. Waldböden unter tief wurzelnden Baumarten können daher größere Wassermengen speichern als solche unter flach wurzelnden Baumarten. Die höchste Wasserspeicherkapazität wurde unter artenreichen, stufigen Mischwäldern gemessen: Hier ergänzt sich die bodenauflockernde Wirkung von flach- und tiefwurzelnden Baumarten. Bei der Wurzelausbildung spielen jedoch auch standörtliche Bedingungen eine wichtige Rolle.

  Im Ergebnis können die Waldböden je nach Bodentyp und -art unterschiedliche Wassermengen aufnehmen und speichern. Bereits die oberen zehn Zentimeter Waldboden können bis zu 50 mm speichern. Insgesamt liegt die Wasserspeicherkapazität der meisten Waldböden in Deutschland zwischen 100 und 300 mm. So beträgt z. B. die Wasserspeicherkapazität im Hauptwurzelraum einer podsolierten Sandbraunerde des nordostdeutschen Tieflands ca. 150 mm und die einer Lößbraunerde im sächsischen Erzgebirge überdurchschnittlich hohe 320 mm.

– Wasserverbrauch der Vegetation: Zusätzlich hochwasserreduzierend wirkt der Wasserverbrauch der Bäume und der anderen Pflanzen. Insbesondere in den Sommermonaten kann dieser beträchtlich sein. Ein Buchenwald kann – je nach Strahlungsverhältnissen und Wasserverfügbarkeit – an einem Sommertag z. B. über 5 mm bzw. 50 000 l/ha verbrauchen. Der Verbrauch reduziert den Wasserabfluss weiter.

Diese Vorgänge bewirken in ihrem Zusammenspiel, dass der Wald den Wasserhaushalt – mehr als jedes andere terrestrische Ökosystem – ausgleicht, Wasserabfluss vermindert und verzögert.

Auewälder erfüllen eine wichtige Funktion beim Hochwasserschutz

Auewälder sind die natürlichen Waldgesellschaften der Flussufer und -niederungen. Ihre typischen Baumarten (z. B. Silberweiden, Schwarzpappeln, Schwarzerlen, Eschen, Feldulmen, Stieleiche) sind an Überschwemmungen angepasst. In Überschwemmungsgebieten entstehen an Auewäldern deshalb – anders als an landwirtschaftlichen Kulturen oder bebauten Flächen – kaum Schäden. Die Auewälder bremsen in den Überschwemmungszonen die Fließgeschwindigkeit des Wassers und bewirken einen Wasserrückhalt. Dies trägt – zusammen mit der intensiven Durchwurzelung – dazu bei, dass mehr Wasser in das Grundwasser versickern kann. Auch die Schotter- und Kiesschichten des Auenuntergrunds können erhebliche Wassermengen aufnehmen.

Allerdings: Die Kapazität der Wälder zur Wasserspeicherung hat Grenzen

Im August 2002 brachten drei aufeinander folgende Starkregenereignisse extrem hohe Niederschlagsmengen. Am 12. August wurden in Dresden z. B. 158 mm registriert, mehr als doppelt so viel wie der dort bis dahin gemessene Tageshöchstwert. Gleichzeitig wurde an der Bergstation

Zinnwald-Georgenfeld im Osterzgebirge mit 313 mm[6] die höchste jemals in Deutschland innerhalb von 24 Stunden gemessene Niederschlagssumme registriert. Die monatliche Niederschlagssumme erreichte großflächig insbesondere in Sachsen, Bayern, Tschechien und Österreich weit über 200 mm (z. B. Dresden: 233 mm, Passau: 267 mm) und damit etwa das Zwei- bis Dreifache der vieljährigen Monatsmittelwerte. Örtlich wurden sogar Werte von mehr als 400 mm gemessen. Verschärfend kam hinzu, dass die Böden aufgrund ausgiebiger Niederschläge im Juli bereits weitgehend wassergesättigt waren. Bei solchen Witterungsbedingungen reicht die Wasseraufnahme- und -speicherfunktion der Wälder und auch der übrigen Ökosysteme nicht aus, um Abflussspitzen bzw. Hochwasser zu vermeiden.

III.3.2 Menschliche Eingriffe haben die Hochwassersituation verschärft

Hochwasser sind die Folgen meteorologischer Ereignisse und Teil des natürlichen Wasserkreislaufs. Der Mensch hat durch die Veränderung von Gewässern und Landschaften in diesen Kreislauf eingegriffen und damit das Schadenspotenzial bei Hochwasserereignissen erhöht. Beispiele hierfür sind:

- Verlust der ehemaligen Überschwemmungsgebiete: An Rhein und Elbe wurden z. B. etwa 80 % der ehemaligen Überschwemmungsgebiete durch Deiche abgetrennt und neuen Nutzungen (z. B. für Siedlung, Gewerbe, intensive Landwirtschaft etc.) zugeführt. Damit verschwanden in weiten Teilen auch die Auewälder mit ihrer enormen biologischen Vielfalt. Raumordnungspolitische Versäumnisse und Fehler führen so zu schmerzhaften Verlusten.
- Stärkerer Oberflächenabfluss infolge Flächenversiegelung: Siedlungs- und Verkehrsflächen – und damit der Anteil versiegelter Flächen – haben sich in Deutschland seit 1900 auf 12 % der Landesfläche vervierfacht. Auch auf landwirtschaftlichen Nutzflächen hat sich der Oberflächenabfluss erhöht: Zahlreiche Böden sind infolge intensiver Bearbeitung verdichtet.
- Beschleunigung des Wasserabflusses durch Maßnahmen des Gewässerausbaus: Laufverkürzungen, insbesondere der großen Flüsse, die Einengung des Hochwasserbettes durch flussnahe Deiche und der Betrieb von Wasserkraftkanälen haben den Wasserabfluss stark beschleunigt, sodass hierdurch die Hochwasserspitzen gestiegen sind.
- Vernachlässigung der Eigenvorsorge der Bevölkerung: Das Risikobewusstsein für Hochwasser ging vielerorts verloren.

III.3.3 Beschleunigte Umsetzung eines vorbeugenden Hochwasserschutzes ist das Gebot der Stunde

Hochwasser wird es immer geben; trotz aller Maßnahmen wird stets ein Restrisiko bleiben. Politik, Verwaltung und Bürger müssen sich darauf einstellen und entsprechende Vorsorge treffen. Die verheerenden Auswirkungen der extremen Hochwasserereignisse an Elbe und Donau, davor aber auch an Rhein und Oder, haben erneut deutlich gemacht, dass den Fehlentwicklungen der Vergangenheit wirkungsvoll entgegengetreten werden muss. Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) hat bereits 1995 einen Leitfaden für einen zukunftsweisenden Hochwasserschutz erarbeitet, an dem die Länder heute ihre Hochwasserschutzkonzepte ausrichten[7].

Die wichtigsten Maßnahmen des vorbeugenden Hochwasserschutzes sind:

- Überschwemmungsgebiete zurückgewinnen (z. B. Renaturierung ausgebauter und begradigter Flussläufe, Rückverlegung von Deichen, Wiederherstellung von Flussauen und Auewäldern),
- zusätzliche Rückhalteflächen schaffen (z. B. Anlage von Flutungspoldern),
- Wasserrückhalt im gesamten Einzugsgebiet verbessern durch Entsiegelung, standortangepasste Landbewirtschaftung und Wiederbewaldung sowie naturnahe Bewirtschaftung vorhandener Auewälder,
- Nutzung in den Überschwemmungsgebieten anpassen, um das Schadenspotenzial möglichst klein zu halten (z. B. Aufgabe von Siedlungs- oder Gewerbeflächen, keine weitere Bebauung in Überschwemmungsgebieten, bautechnische Vorkehrungen, Grünland oder Auewald statt Ackerland, langfristige Sicherung noch vorhandener naturnaher Auen),
- technischer Hochwasserschutz (z. B. Deiche, Hochwasserrückhaltebecken, Talsperren), dort wo notwendig weiter durchführen und ggf. verbessern,
- Hochwasserwarnungen und -vorhersagen verbessern,
- Risikobewusstsein der Bevölkerung vor möglichen Gefährdungen stärken und erhalten,
- Eigenvorsorge der Bevölkerung durch technische Vorsorge und Versicherungen verbessern.

Das Ausmaß der durch das Hochwasser im August 2002 an Elbe und Donau verursachten Schäden belegt nachdrücklich, dass die bisher getroffenen vorbeugenden Hochwasserschutzmaßnahmen nicht ausreichen und deshalb weiter verbessert werden müssen. Die Bundesregierung hat daher im Rahmen der Flusskonferenz am 15. Sep-

[6] Zum Vergleich: In weiten Teilen des Erzgebirges liegt die Niederschlagssumme für August im langjährigen Durchschnitt bei 70 bis 80 mm; ein „normales“ Sommerregenereignis dauert vier Stunden und bringt 10 bis 20 mm Niederschlag. Die folgenden Zahlen belegen die außergewöhnliche Intensität der Niederschläge im August 2002: An der Station Zinnwald-Georgenfeld tritt im langjährigen Mittel jährlich ein Starkregen mit 50 mm/24 Stunden auf, alle zehn Jahre ein Starkregen mit 91 mm/24 Stunden und alle einhundert Jahre ein Starkregen von 133 mm/24 Stunden.

[7] Der Leitfaden kann unter http://www.lawa.de abgerufen werden.

tember 2002 ein 5-Punkte-Programm zur Verbesserung des Hochwasserschutzes beschlossen[8]. Ziel des Programms ist es, den vorbeugenden Hochwasserschutz weiter zu stärken und sowohl bei der Gefahrenabwehr als auch bei der Vermeidung von Risiken schnelle und wirksame Verbesserungen zu erreichen. Insbesondere müssen Fehlentwicklungen der Vergangenheit korrigiert und Eingriffe in den Natur- und Wasserhaushalt so weit wie möglich rückgängig gemacht werden. Den Flüssen muss wieder mehr Raum gegeben und das Hochwasser bereits im Einzugsgebiet zurückgehalten werden. Außerdem soll die Zusammenarbeit aller im Flusseinzugsgebiet liegenden Gemeinden und Länder auf nationaler und internationaler Ebene verstärkt werden.

Nach dem Grundgesetz liegen Planung, Durchführung und Finanzierung von Hochwasserschutzmaßnahmen in der alleinigen Zuständigkeit der Länder. Ein eigenständiges Bundesprogramm zum Hochwasserschutz kann es daher nicht geben. Der Bund kann aber die Länder bei der Erledigung ihrer Aufgaben unterstützen.

Aus diesem Grund beteiligt sich der Bund schon seit langem über die Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) an den Hochwasserschutzmaßnahmen der Länder im ländlichen Raum. Die Förderbedingungen sind auf die Grundsätze des vorsorgenden Hochwasserschutzes ausgerichtet. Gefördert werden Hochwasserschutzmaßnahmen im ländlichen Raum, u. a. Gewässerrenaturierungsmaßnahmen, Wiedergewinnung von Überschwemmungsflächen durch Deichrückverlegung, Schaffung von Retentionsflächen, Anlage von Poldern, Wildbachverbauung, Deichbaumaßnahmen, Bau von Hochwasserrückhaltebecken. Die Länder können diese Maßnahmen mit bis zu 60 % Bundesmitteln finanzieren. In den Jahren 1990 bis 2001 haben die Länder aus der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) für Hochwasserschutzmaßnahmen im Mittel pro Jahr ca. 40 Mio. Euro Bundesmittel verwendet. Die Länder können diesen Anteil im Rahmen ihres Landesplafonds durch Schwerpunktsetzung zulasten anderer Fördertatbestände erhöhen[9].

Da sich die Folgen der letzten Hochwasserkatastrophe an Elbe und Donau nur durch bundesweite Solidarität bewältigen lassen, unterstützt die Bundesregierung die betroffenen Bürger, Gemeinden und Länder zusätzlich mit verschiedenen Sofortprogrammen sowie mit mittelfristig angelegten Sonderprogrammen.

Mit dem im September 2002 beschlossenen Sonderprogramm „Hochwasser“ im Rahmen der GAK soll der schnelle Wiederaufbau der beschädigten oder zerstörten ländlichen Infrastrukturanlagen (z. B. Hochwasserschutzanlagen, Fließgewässer, Trinkwasserversorgungs- und Abwasserentsorgungsanlagen, dörfliche Infrastrukturen sowie ländliche und forstliche Wege) ermöglicht werden. Die besonders betroffenen Länder Brandenburg, Sachsen und Sachsen-Anhalt haben aus diesem Programm schon für das Haushaltsjahr 2002 Bundesmittel von insgesamt 21,9 Mio. Euro als Soforthilfe erhalten, um damit dringend erforderliche Hochwasserschutzmaßnahmen, wie z. B. die Wintersicherung von Deichen, durchzuführen. Zur Finanzierung der Maßnahmen im Haushaltsjahr 2003 stehen allen von dem Hochwasser betroffenen Ländern Bundesmittel in Höhe von bis zu 320 Mio. Euro aus dem Fonds „Aufbauhilfe“ zur Verfügung.

Ein Überblick über alle Hilfsmaßnahmen der Bundesregierung ist erhältlich beim Bundesministerium des Innern[10]. Information über spezielle Hilfsmaßnahmen für Land- und Forstwirtschaft sowie ländliche Räume ist erhältlich beim Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft[11].

IV Waldzustand in Europa

Die Europäische Union und die Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UNECE) führen gemeinsam ein forstliches Umweltmonitoring durch; Deutschland ist in das europaweite Monitoringsystem eingebunden. Das forstliche Umweltmonitoring stützt sich auch auf europäischer Ebene auf zwei Beobachtungsebenen, einerseits die jährliche, großräumige Waldzustandserfassung (Level I) und andererseits ein Netz von intensiv untersuchten Dauerbeobachtungsflächen (Level II).

- Level I bezeichnet ein repräsentatives Messnetz im systematischen 16 x 16 km-Raster; es umfasst europaweit ca. 6 000 Stichprobenpunkte im Wald. Dort wird jährlich der Kronenzustand erhoben; außerdem wurden auf den meisten Flächen Bodenzustandserhebungen und/oder chemische Nadel-/Blattanalysen durchgeführt.
- Level II dient der intensiven Beobachtung der wichtigsten Waldökosysteme in Europa. Auf über 860 Level II-Flächen werden regelmäßig zahlreiche Parameter erfasst, z. B. Kronenzustand, chemische Nadel-/Blattspiegelwerte, Bodenzustand, Bodenlösungschemie, Baumzuwachs, Bodenvegetation, Luftschadstoffkonzentrationen und -einträge sowie Wetterdaten. Die gesammelten Daten ermöglichen Fallstudien über die Auswirkungen von Luftverschmutzungen und anderen Stressfaktoren auf die wichtigsten Baumarten und Standorte.

Weiterführende Information hierzu ist erhältlich vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft sowie auf der Internetseite des Internationalen Kooperationsprogramms zur Erfassung und Überwachung der Auswirkungen von Luftverschmutzungen auf Wälder in Europa http://www.icp-forests.org.

---

8 Das 5-Punkte Programm kann unter http://www.verbraucherministerium.de abgerufen werden.

9 Einzelheiten zum Förderprogramms können über folgende Internet-Seite abgerufen werden: http://www.verbraucherministerium.de Stichworte: Landwirtschaft, ländlicher Raum, GAK-Rahmenplan 2002 bis 2005, Förderungsgrundsätze für die Förderung wasserwirtschaftlicher und kulturbautechnischer Maßnahmen.

10 Auch abrufbar über die Internetseite: www.bmi.bund.de.

11 Auch abrufbar über die Internetseite: www.verbraucherministerium.de.

IV.1 Kronenzustand in Europa im Jahr 2001[12]

Die folgenden Aussagen beruhen auf der Stichprobe des Jahres 2001, die in 30 europäischen Ländern rd. 132 000 Bäume erfasst. Wesentliche Ergebnisse sind:

– Im Jahr 2001 zeigten insgesamt 22,4 % der Bäume (alle Baumarten) deutliche Schäden (Schadstufen 2 bis 4). In die Warnstufe (leichte Kronenverlichtungen) fielen 44,0 %; ohne sichtbare Schäden waren 33,6 % der Bäume.

  Besonders hoch lagen die Anteile der Schadstufen 2 bis 4 bei Eiche (hier: Quercus robur und petraea) und Fichte (hier: Picea abies) mit 33,9 % bzw. 25,8 %. Die entsprechenden Werte für Kiefer (hier: Pinus sylvestris) und Buche (Fagus sylvatica) lagen bei 17,8 % bzw. 25,2 % (vgl. Abbildung 35).

– Im Vergleich zum Vorjahr hat sich der Waldzustand in Europa im Jahr 2001 kaum verändert. Die Anteile der Schadstufen 2 bis 4 lagen 2000 auf europäischer Ebene bei 22,8 % für alle Baumarten, bei 27,4 % für Fichte, 19,1 % für Kiefer, 22,2 % für Buche und 33,7 % für Eiche.

– Die langjährige Entwicklung[13] zeigt im Mittel aller Baumarten von 1988 bis 1995 eine Zunahme der deutlichen Schäden (Abbildung 36). Diese gingen von 1995 bis 1999 vorübergehend zurück; seitdem nehmen sie wieder zu. Diese Entwicklung spiegelt sich auch bei den meisten Hauptbaumarten wider (Abbildung 37).

---

[12] Die Ergebnisse des europaweiten Monitorings beziehen sich – anders als die nationalen Ergebnisse in den voranstehenden Abschnitten – auf das Erhebungsjahr 2001 (Vorjahr)! Diese zeitliche Verzögerung ergibt sich aus den aufwendigeren Verfahren der gemeinschaftlichen und insbesondere der internationalen Zusammenarbeit.

[13] Zur Betrachtung der langjährigen Entwicklung wird auf EU/UNECE-Ebene das Teilkollektiv der so genannten „Common sample trees“ herangezogen. Das sind die Stichprobenbäume, deren Kronenzustand seit 1988 jedes Jahr erhoben wurde. Dies ist erforderlich, da das Gesamtstichprobenkollektiv auf UNECE-Ebene von Jahr zu Jahr erheblich schwanken kann und damit die Gesamtergebnisse nicht ohne weiteres vergleichbar sind.

Abbildung 35

Schadstufenanteile bei den Hauptbaumarten im Jahr 2001 in Europa bzw. in Deutschland

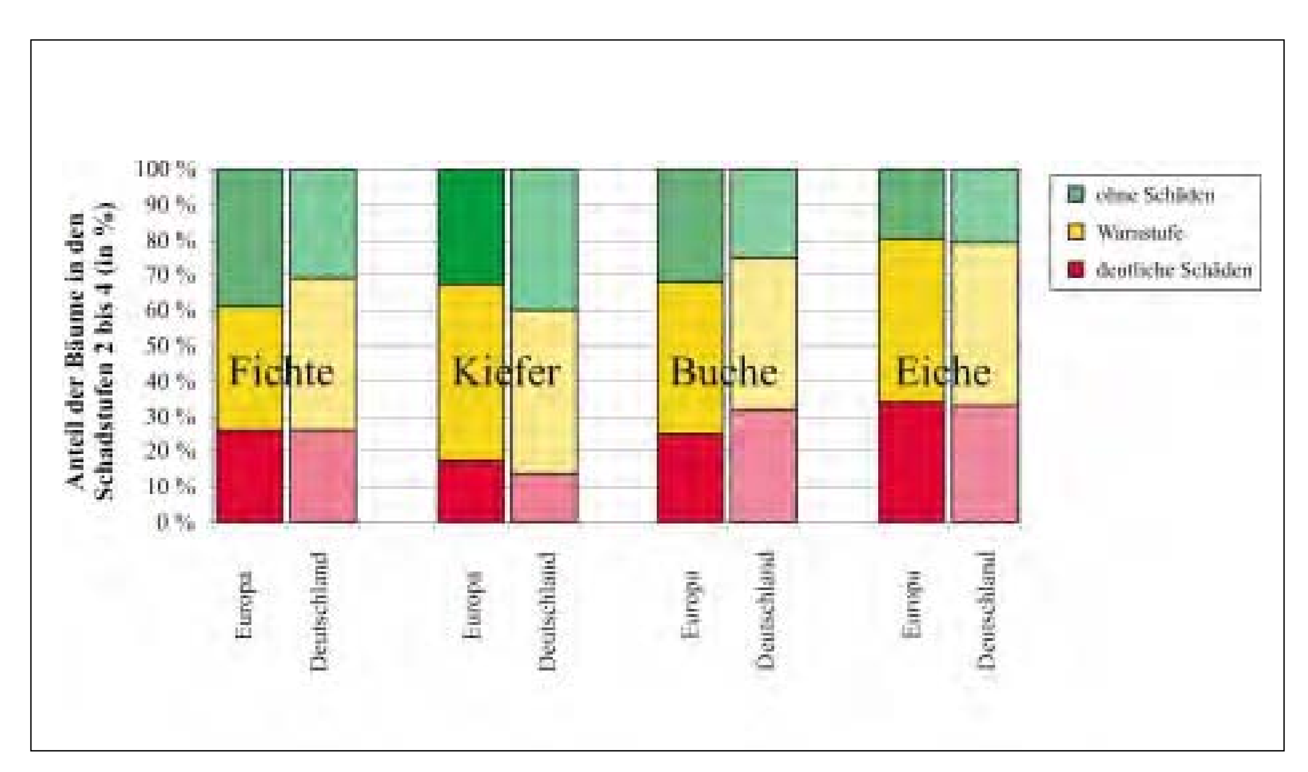


Abbildung 36

Entwicklung des Anteils der Bäume in den Schadstufen 2 bis 4 (alle Baumarten) in Europa und in Deutschland, berechnet für Bäume, die kontinuierlich beobachtet wurden

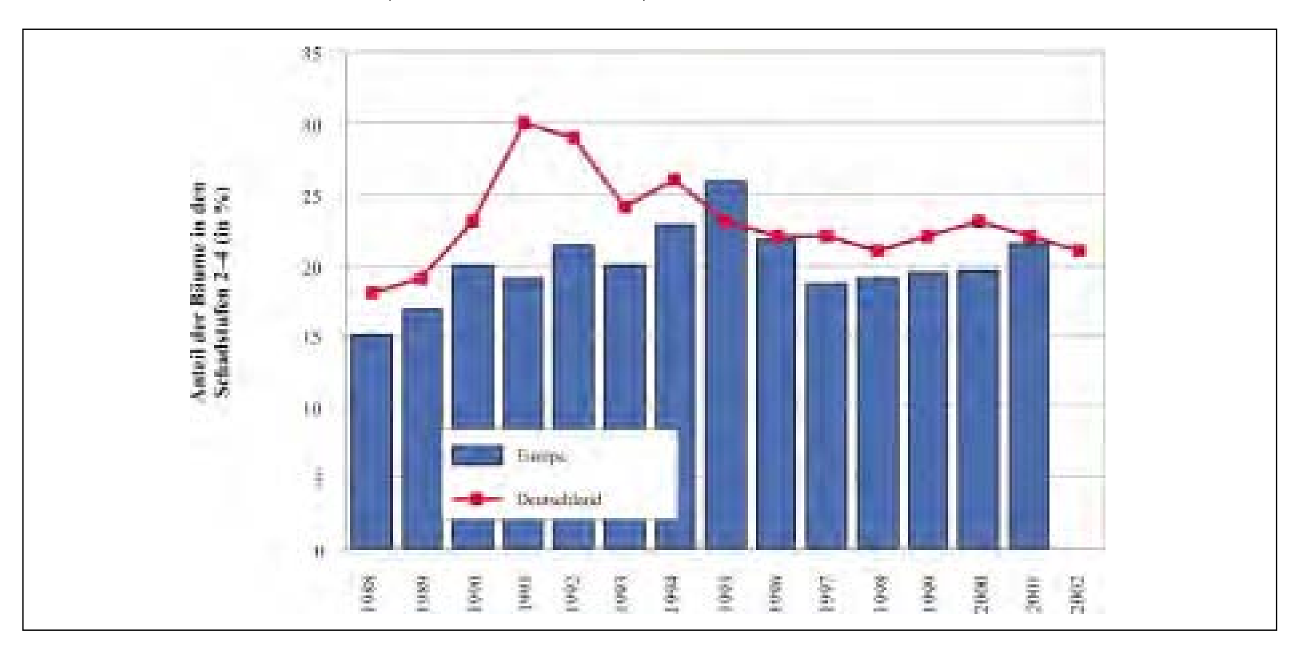
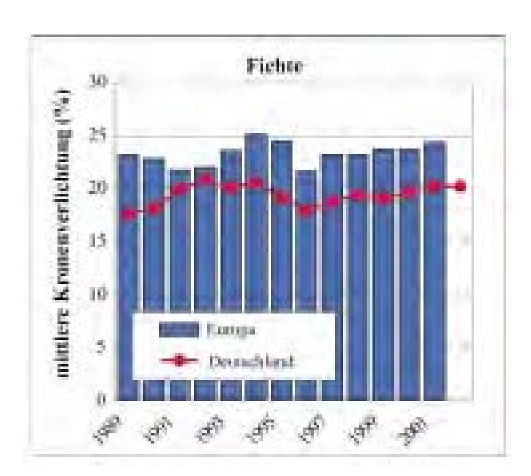
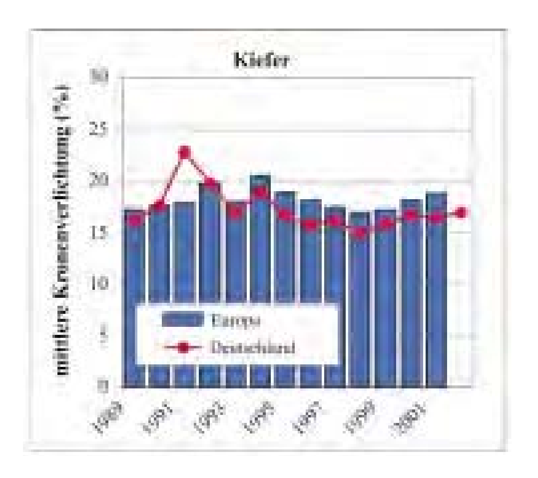
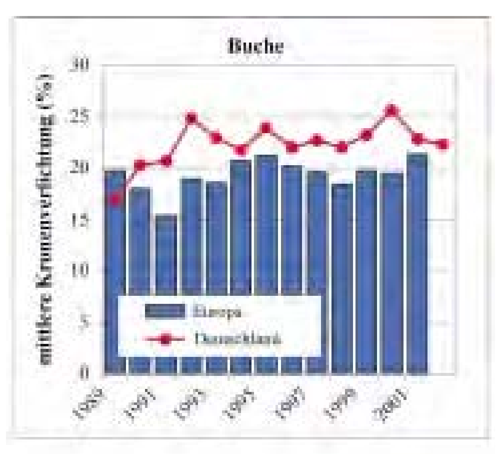


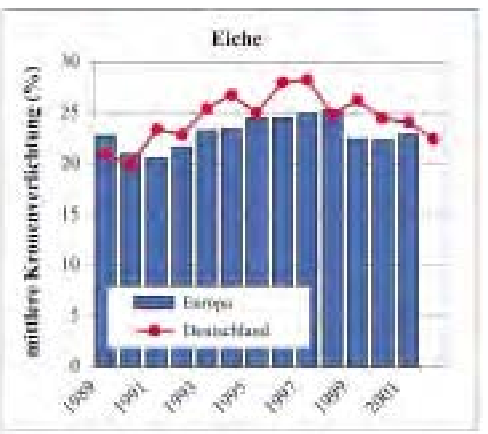
Abbildung 37

Entwicklung des mittleren Nadel-/Blattverlustes (in %) für die Baumarten Fichte, Kiefer, Buche und Eiche in Europa (Balken); zum Vergleich ist die entsprechende Entwicklung in Deutschland (Linie) eingeblendet









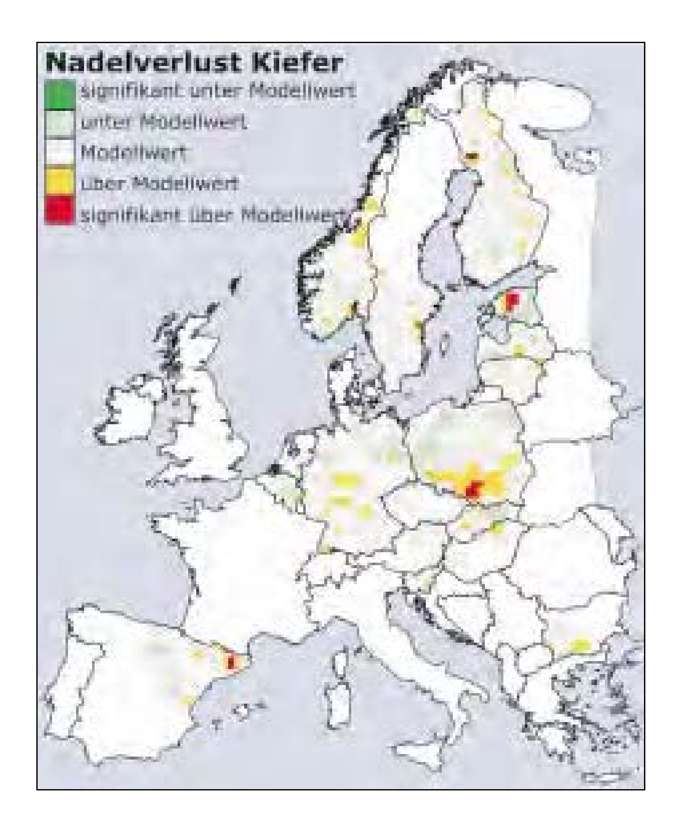
Die räumliche und zeitliche Entwicklung des Kronenzustandes unterscheidet sich in verschiedenen Regionen und für verschiedene Baumarten z. T. erheblich (vgl. Anlage 3). Für 2001 wurden diese regionalen Unterschiede bei Kiefer und Buche anhand der Ergebnisse von jeweils 1 313 Kiefern- und 399 Buchen-Flächen besonders analysiert. Dabei wurde die Höhe des mittleren Nadel- bzw. Blattverlustes als Abweichung von einem Modellwert berechnet, der die wichtigen Einflussgrößen „Land“ und „Bestandesalter“ berücksichtigt und kompensiert. Anschließend wurde die zeitliche Entwicklung des Nadel-/Blattverlustes als flächenweiser linearer Regressionsgradient berechnet und diese Werte flächenweise interpoliert.

– Kiefer (Pinus sylvestris, Abbildung 38): Im Durchschnitt der Jahre 1994 bis 1999 wurden vergleichsweise hohe Nadelverluste in Estland, im Süden Polens sowie im Nordosten Spaniens gefunden. Eine Analyse der Entwicklung zeigt jedoch, dass sich der Kronenzustand in diesen Regionen in den vergangenen Jahren verbessert hat. Experten sehen dabei einen Zusammenhang mit den in diesen Regionen deutlich abnehmenden Luftverunreinigungen und gleichzeitig günstigen Witterungsbedingungen.

Auch in Mittelnorwegen gingen die Nadelverluste zurück, während sie im Süden Norwegens eher zunahmen. Die ausgeprägte Verschlechterung in Bulgarien wurde aufgrund von nur 21 Kiefernflächen berechnet. Davon zeigen allerdings 19 eine Verschlechterung.

Abbildung 38

Kiefer: Abweichungen des mittleren Nadelverlustes vom Modellwert sowie lineare zeitliche Entwicklung des Nadelverlustes. Interpolation basierend auf 1 313 Flächen, die von 1994 bis 1999 kontinuierlich beobachtet wurden



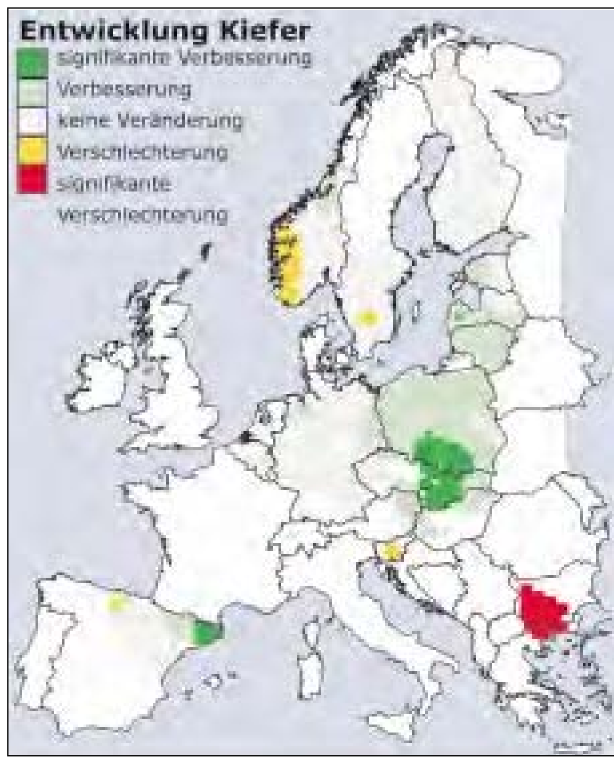
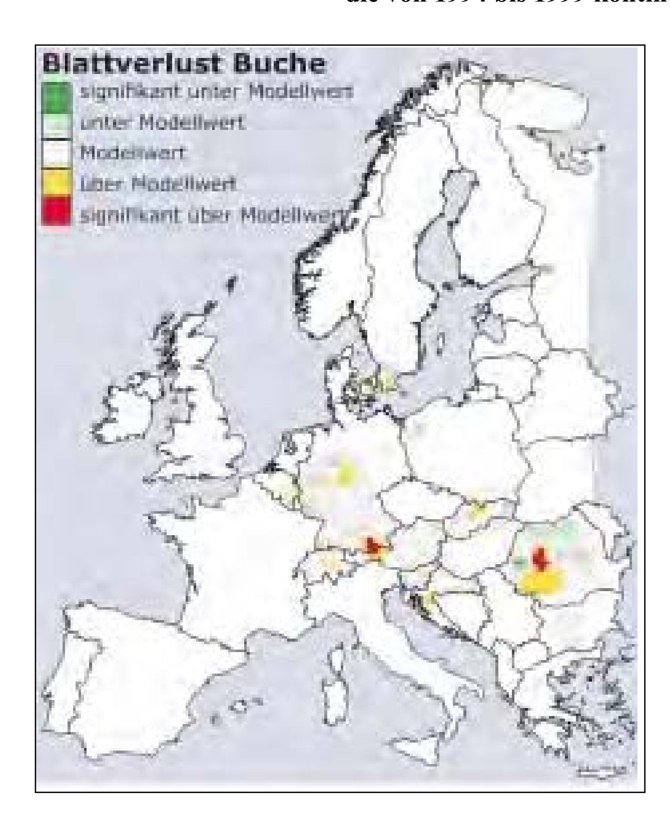
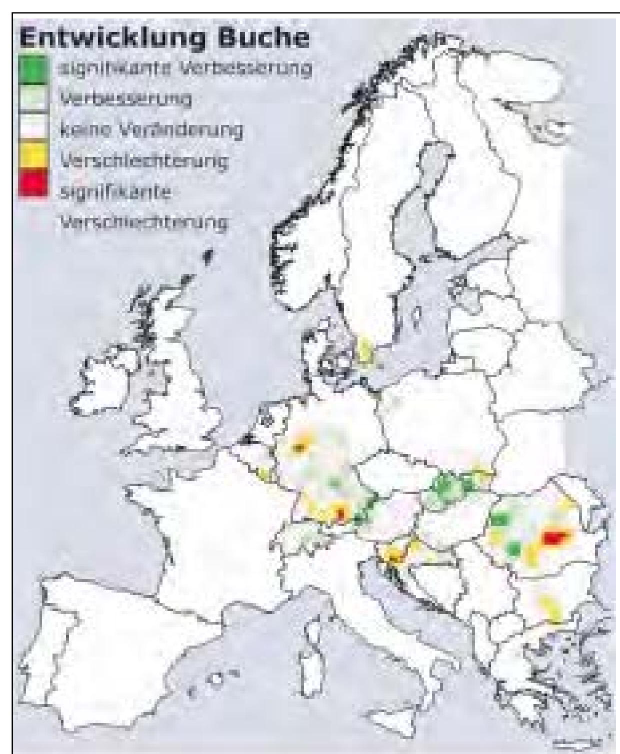


Abbildung 39

Buche: Abweichungen des mittleren Blattverlustes vom Modellwert sowie lineare zeitliche Entwicklung des Nadelverlustes. Interpolation basierend auf 399 Flächen, die von 1994 bis 1999 kontinuierlich beobachtet wurden





– Buche (Fagus sylvatica, Abbildung 39): Im Durchschnitt der Jahre 1994 bis 1999 zeigt sich im Süden Deutschlands ein relativ hoher Blattverlust, der gegen Ende des Beobachtungszeitraumes weiter zugenommen hat. In Rumänien schwanken die Blattverlustwerte: Der hohe Blattverlust in Zentralrumänien hat bis 1999 abgenommen, während die vergleichsweise niedrigen Werte im Osten und Westen deutlich zugenommen haben. Weitere Regionen mit einer Verschlechterung sind Nordwestdeutschland und das Grenzgebiet zwischen Slowenien und Kroatien. Verbesserungen wurden für die Slowakei und verschiedene Gebiete Deutschlands errechnet.

Auswertungen ergeben bei Kiefer und Buche statistische Zusammenhänge zwischen den Nadel-/Blattverlusten einerseits mit extrem hohen bzw. niedrigen Niederschlagsmengen, mit Pilzinfektionen, Insektenbefall sowie Schwefeleinträgen andererseits.

Stickstoffeinträge können dagegen – je nach Boden und Waldbestand – unterschiedliche Wirkungen haben: In manchen Beständen überwiegt offenbar die düngende Wirkung (positiv für den Kronenzustand), in anderen die versauernde (negativ für den Kronenzustand).

IV.2 Einträge von Stickstoff, Schwefel und Gesamtsäure in ECE-Staaten

Im Bereich der internationalen Luftreinhaltung spielt das Instrument der so genannten „Critical loads“ eine zentrale Rolle. Es bezeichnet Schwellenwerte für Stoffeinträge, bei denen – nach bisherigem Wissensstand – noch keine schädigenden Veränderungen in Struktur und Funktion bestimmter Ökosysteme (z. B. Wälder) zu erwarten sind. Die Luftreinhaltung strebt zum Schutz des Menschen und seiner Umwelt Luftbelastungen an, bei denen die Stoffdepositionen unterhalb dieser Schwellenwerte bleiben.

Dazu wurden zunächst die Critical loads-Schwellenwerte für verschiedene Substanzen und die unterschiedlichen Ökosysteme für rd. 230 Level II-Flächen in Europa berechnet. Je nach Schadstoff bzw. seiner Wirkung werden Critical loads für verschiedene Teile der Ökosysteme (z. B. für Waldböden, für Bäume sowie für Bodenvegetation) berechnet. Gleichzeitig werden europaweit an den meisten Level II-Flächen seit Jahren die tatsächlichen Stoffeinträge gemessen. Dort, wo die gemessenen Einträge über den Schwellenwerten liegen, besteht weiterer Handlungsbedarf für die Luftreinhaltung.

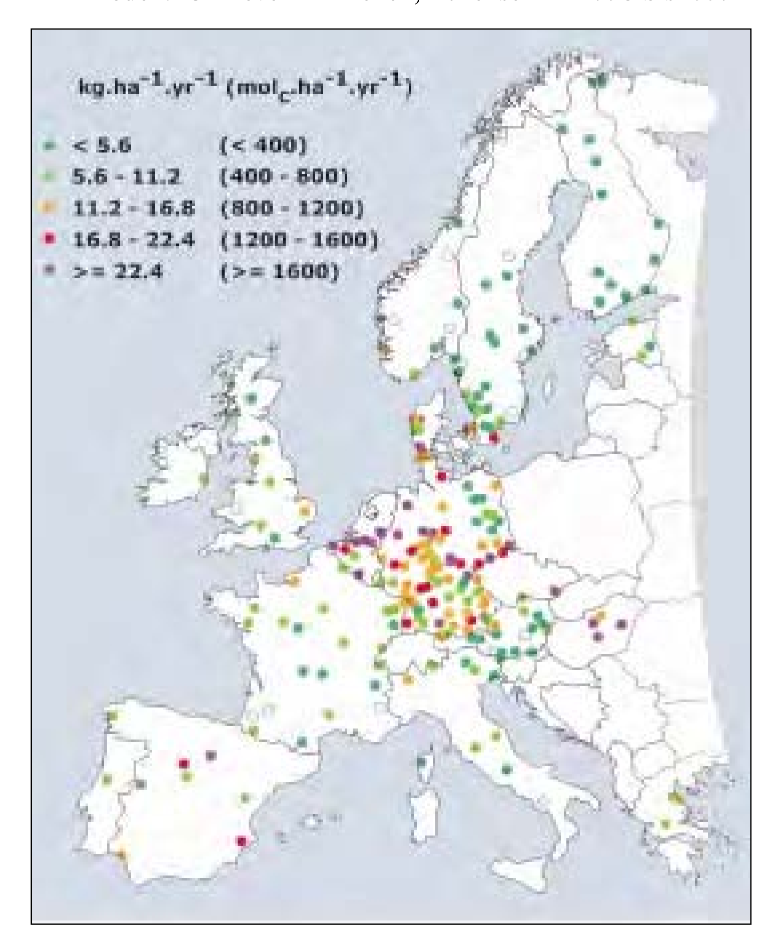
Im Waldzustandsbericht der EU/UNECE für 2001[14] werden erstmalig Messdaten von rd. 230 Level II-Flächen mit den errechneten Critical loads-Schwellenwerten für Einträge von Stickstoff, Schwefel und Gesamtsäure verglichen. Die wichtigsten Ergebnisse sind:

- Deposition (Mittelwerte der Einträge in den Jahren 1995 bis 1999):
  - Stickstoff: Der Eintrag beträgt im Durchschnitt aller untersuchten Level II-Flächen ca. 19 kg/ha/a, 90 % der Werte liegen zwischen 3,5 und 39 kg. Vergleichsweise gering sind die Stickstoffeinträge im Mittelmeerraum sowie in Skandinavien, relativ hoch dagegen in Zentraleuropa.
  - Schwefel: Der Eintrag liegt im Mittel bei 12,5 kg/ha/a mit einem Streubereich zwischen 3 und 29 kg.
- Überschreitungen der Critical loads-Schwellenwerte für Stickstoff:
  - Der Schwellenwert für Stickstoffanreicherung in Waldböden ist u. a. abhängig von der jeweiligen Baumart; im Durchschnitt der untersuchten Flächen liegt er bei etwa 8 kg/ha/a. Die tatsächliche Deposition überschreitet den jeweiligen Schwellenwert auf 92 % der Flächen. Bei gleichbleibend hohen Stickstoffeinträgen (NH_4 + NO_3) ist daher auf fast allen Flächen mit einer weiteren Stickstoffanreicherung im Boden zu rechnen (vgl. Abbildung 40).
  - Die Critical loads für Stickstoff für Waldbäume (orientiert an Stickstoffkonzentrationen in Nadeln/Blättern) sind abhängig von der Stickstoffaufnahme der jeweiligen Baumart. Sie liegen im Durchschnitt der untersuchten Flächen bei rd. 14 kg/ha/a. Die tatsächliche Deposition überschreitet den jeweiligen Schwellenwert auf 45 % der Flächen.

    Bei betroffenen Waldbeständen muss von einer höheren Anfälligkeit gegenüber Trockenheit, Frost und Krankheiten ausgegangen werden.
  - Critical loads für die Artenvielfalt der Bodenvegetation werden auf 58 % der Flächen überschritten. Dort sind – sofern die Einträge unverändert anhal-

Abbildung 40

Überschreitung von kritischen Eintragsraten für Stickstoff (NH_4 + NO_3) bezogen auf Stickstoffanreicherung im Boden. 234 Level II-Flächen, Durchschnitt 1995 bis 1999



[14] Erhältlich vom Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft oder über die Internetseite: www.icp-forests.org.

ten – Artenverschiebungen bzw. Beeinträchtigungen der Artenvielfalt infolge der hohen Stickstoffeinträge zu erwarten.

– Überschreitungen der Critical loads-Schwellenwerte für Gesamtsäureeinträge (NH_4 + NO_3 + SO_4):

  – Der Gesamtsäureeintrag liegt im Durchschnitt der untersuchten Level II-Flächen bei ca. 2,1 kmolc/ha/a. Relativ gering ist er nur in Skandinavien mit Werten deutlich unter 1,2 kmolc/ha/a, hoch dagegen in Zentral- und Westeuropa, wo relativ häufig Werte über 2,4 kmolc/ha/a gemessen wurden.

  – Die Critical loads-Schwellenwerte für Einträge (orientiert an Wurzelschäden durch freie Aluminiumionen in der Bodenlösung) werden auf 33 % der untersuchten Flächen überschritten (vgl. Abbildung 41).

  – Die Critical loads für die Auswaschung von basischen Kationen und Aluminium sind niedriger: Diese Substanzen werden bereits bei niedrigeren Säureeinträgen ausgewaschen. Auf immerhin 64 % der Flächen sind diese Schwellenwerte überschritten.

V Maßnahmen der Bundesregierung gegen Neuartige Waldschäden

Wälder sind komplexe Ökosysteme. Die in ihnen ablaufenden Prozesse sind – trotz aller Fortschritte der ökologischen Waldforschung – erst zum Teil erfasst und verstanden. „Patentlösungen“ gegen die Waldschäden gibt es nicht.

Die Maßnahmen der Bundesregierung zielen vorrangig darauf, schädliche Einflüsse auf die Waldökosysteme zu verringern (v. a. Luftreinhaltungspolitik), die Funktionsfähigkeit dieser Ökosysteme zu erhalten (v. a. flankierende forstliche Maßnahmen), den Waldzustand und seine weitere Entwicklung zu beobachten sowie Entscheidungshilfen für die Politik zu erarbeiten.

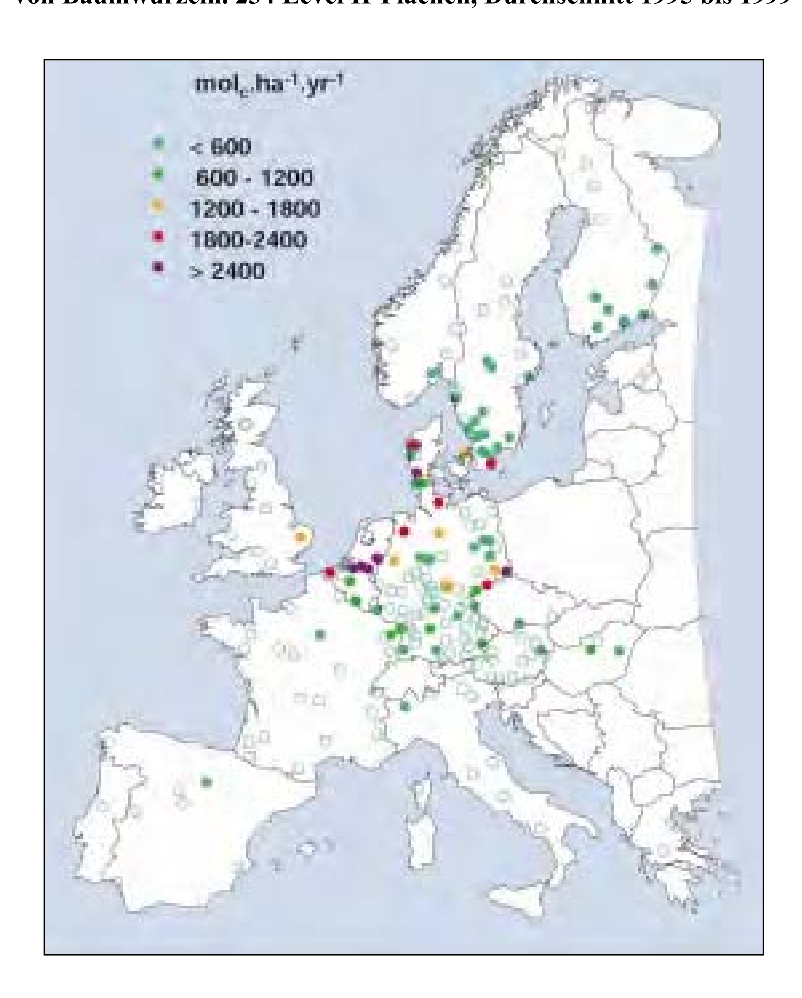
V.1 Luftreinhaltung, Klimaschutz und Energiewende

Im Zusammenhang mit den neuartigen Waldschäden spielen folgende drei Luftschadstoffe eine besondere Rolle (vgl. auch Abschnitt II.2.5):

– Stickstoffoxide (NO_x) entstehen fast ausschließlich bei Verbrennungsprozessen. Sie sind Vorläufersubstanzen

Abbildung 41

Überschreitung von kritischen Eintragsraten für Gesamtsäure (NH_4 + NO_3+ SO_4) bezogen auf die Schädigung von Baumwurzeln. 234 Level II-Flächen, Durchschnitt 1995 bis 1999



von pflanzenschädlichem Ozon[15] und tragen zur Nährstoffüberversorgung (Eutrophierung) sowie zur Versauerung der Böden bei.

Die NO_x-Gesamtemissionen lagen 2000 bei 1,6 Mio. t. Hauptquellen sind Verkehr (62 % der NO_x-Gesamtemissionen) sowie Kraft- und Fernheizwerke (15 % der NO_x-Gesamtemissionen). Sie gingen von 1991 bis 2000 um 41 % zurück.

– Ammoniak (NH_3) stammt zu 95 % aus der Landwirtschaft und entsteht v. a. bei der Tierhaltung und durch Düngemittelverwendung. Ammoniak ist wegen seines Beitrags zur Versauerung und Nährstoffüberversorgung (Eutrophierung) von Böden, Gewässern und Biotopen bedeutsam.

  Die NH_3-Gesamtemissionen im Jahr 2000 werden auf 0,6 Mio. t geschätzt. Sie gingen seit 1990 um rd. 19 % zurück.

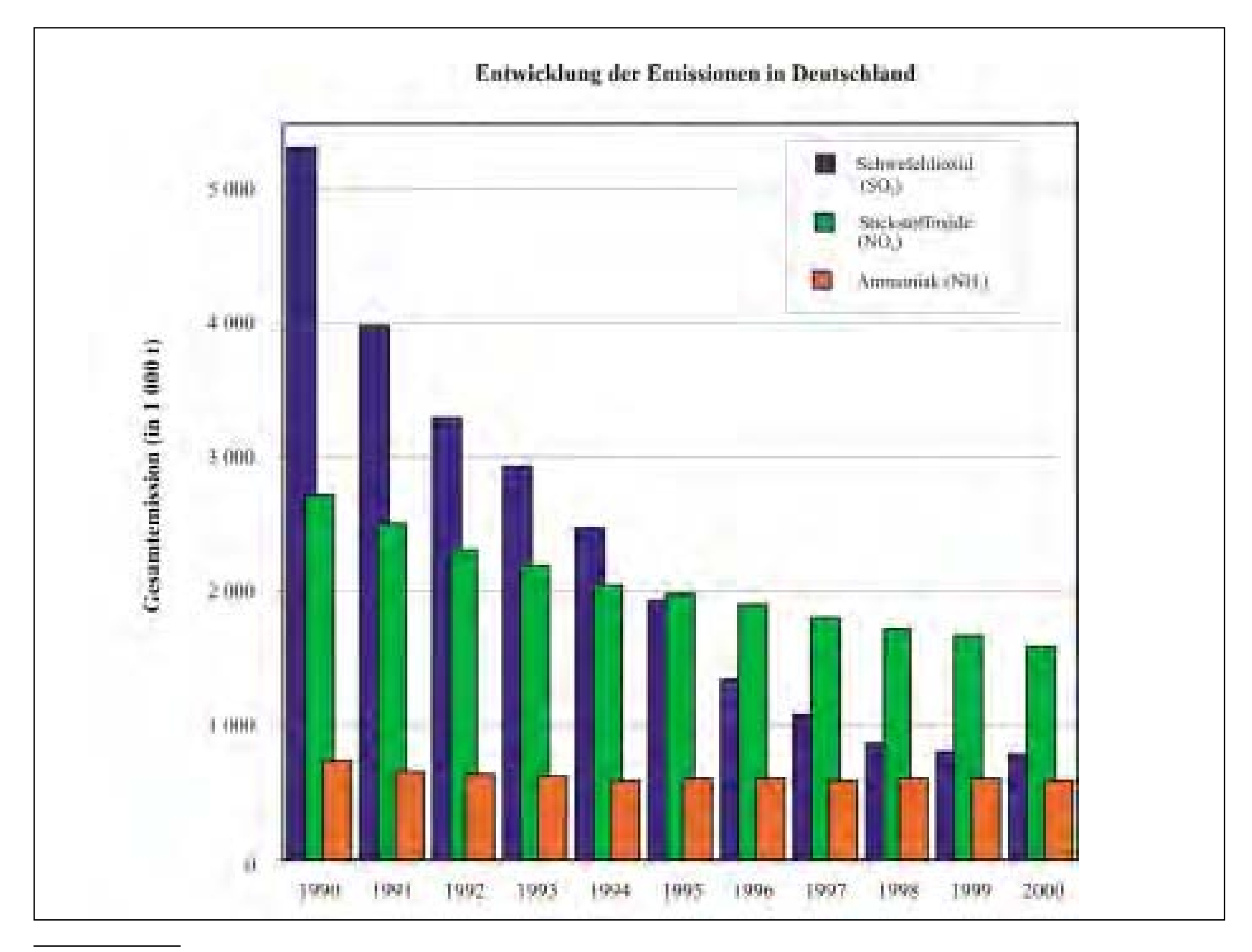
– Schwefeldioxid (SO_2) entsteht überwiegend bei der Verbrennung von schwefelhaltigen Brennstoffen und verbindet sich mit Wasser und Sauerstoff zu Schwefelsäure. SO_2 beeinträchtigt lebenswichtige Prozesse in Pflanzen, darunter die Photosynthese, und trägt zur Bodenversauerung bei.

  Die SO_2-Gesamtemissionen lagen 2000 bei 0,80 Mio. t, Hauptquelle sind Kraft- und Fernheizwerke mit ca. 0,43 Mio. t bzw. 55 %. Die SO_2-Emissionen gingen zwischen 1990 und 2000 um 85 % zurück; 1990 lagen sie immerhin noch bei 5,32 Mio. Tonnen.

Eutrophierende und versauernde Immissionen sowie das bodennahe Ozon haben auf den Stoffhaushalt und die Vitalität der Waldökosysteme sowie deren nachhaltige Entwicklung großen Einfluss. Sie bewirken nicht nur akute oder chronische Schäden an Pflanzen, sondern führen auch zu einer Monotonisierung und damit Verringerung

Abbildung 42

Die Luftreinhaltemaßnahmen zeigen Wirkung. Die Emissionen von Schwefeldioxid (SO_2) und Stickstoffoxid (NO_X) gingen seit 1990 deutlich zurück. Gleichwohl ist der Ausstoß von Stickstoffverbindungen immer noch zu hoch.



---

15 Leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe (VOC) wirken als Vorläufersubstanzen bei der Entstehung des troposphärischen Ozons entscheidend mit.

der Artenvielfalt. Insbesondere die in Deutschland herrschenden diffusen Stickstoffemissionen müssen weiter erheblich zurückgeführt werden.

Die Bundesregierung ruht sich daher nicht auf bereits Erreichtem aus, sondern ist entschlossen, den Ausstoß von Luftschadstoffen und die Umweltbelastungen weiter zu senken. Dabei ist die klassische Luftreinhaltepolitik nicht mehr isoliert, sondern integrativer Teil eines übergreifenden Konzeptes zur langfristigen Sicherung unserer natürlichen Lebensgrundlagen, bei dem sich Maßnahmen zur Luftreinhaltung, zum Klimaschutz und zur Energiewende ergänzen. Angesichts der grenzüberschreitenden Ausbreitung der Luftschadstoffe verfolgt die Bundesregierung dieses Anliegen auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene.

– Auf internationaler Ebene ist das „Genfer Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung“ ein zentrales Instrument der Luftreinhaltung; darunter arbeiten über 40 west- und osteuropäische Staaten sowie die USA und Kanada zusammen. Das Übereinkommen wird durch so genannte „Protokolle“ umgesetzt, in denen z. B. Emissionsminderungsziele für bestimmte Luftschadstoffe vereinbart sind. Bisher gibt es acht Protokolle (vgl. Anlage 4).

  Das neueste Protokoll in dieser Reihe ist das so genannte Göteborg-Protokoll (1999). Darin hat sich auch Deutschland zu weiter gehenden Emissionsminderungen verpflichtet. Die EU hat die im Göteborg-Protokoll genannten nationalen Höchstmengen in der Richtlinie 2001/81/EG in Europäisches Recht übertragen und dabei für NO_x und SO_2 sogar strengere Werte vorgegeben. Deutschland ist daher verpflichtet bis zum Jahr 2010 folgende Emissionsminderungen zu erreichen (in Klammern die Vorgaben des Göteborgprotokolls):

  – NO_x-Emissionen: Rückführung auf 1,051 Mio. t (1,081 Mio. t),
  – NH_3-Emissionen: Rückführung auf 0,55 Mio. t (0,55 Mio. t; im Göteborg-Protokoll wurde erstmals auf internationaler Ebene eine Verringerung der Ammoniakemissionen vereinbart!),
  – SO_2-Emissionen: Rückführung auf 0,52 Mio. t (0,55 Mio. t) und
  – VOC-Emissionen (ohne Methan); Rückführung auf 0,995 Mio. t.

  In diesem Zusammenhang ist jedoch auch das 2001 unterzeichnete „Stockholmer Übereinkommen über persistente organische Schadstoffe (POP Konvention)“ von Bedeutung: Persistente organische Schadstoffe (POP) zeichnen sich durch ihre Giftigkeit, ihre Langlebigkeit, ihr Potenzial zur Bioakkumulation und ihren weiträumigen, grenzüberschreitenden Transport aus. Sie werden insbesondere über die Luft verbreitet.

  Dieses Übereinkommen verbietet Herstellung und Gebrauch von zunächst zwölf dieser Substanzen weltweit bzw. schränkt diese stark ein[16].

– Der in diesen internationalen Verpflichtungen dokumentierte Wille zu einer weiteren Verringerung der Schadstoffemissionen manifestiert sich auch auf EU-Ebene. Besonders wichtige weiterführende Richtlinien und Verordnungen, an denen die Bundesregierung maßgeblich mitgewirkt hat, sind z. B.:

  – Die Verordnung (EG) Nr. 3528/86 des Rates vom 17.11.1986 über den Schutz des Waldes in der Gemeinschaft gegen Luftverschmutzung. Sie legt die Grundlagen für eine europaweite Überwachung und Dokumentation der Auswirkungen der Luftschadstoffe auf die Wälder. Diese Verordnung läuft zum 31. Dezember 2002 aus; das forstliche Umweltmonitoring auf EU-Ebene soll aber durch eine neue Verordnung fortgesetzt und erweitert werden.
  – Die Richtlinie 96/61/EG des Rates vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (so genannte IVU-Richtlinie). Sie enthält Vorgaben über die Genehmigung von Industrie- und Intensivtierhaltungsanlagen.
  – Die Richtlinie 98/70/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Oktober 1998 über die Qualität von Otto- und Dieselkraftstoffen und zur Änderung der Richtlinie 93/12/EWG vom 23. März 1993 sowie die Richtlinie 1999/32/EG des Rates vom 26. April 1999 über eine Verringerung des Schwefelgehalts bestimmter flüssiger Kraft- und Brennstoffe.
  – Die Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide sowie Partikel und Blei in der Luft. Sie legt strenge Immissionsgrenzwerte für diese Schadstoffe fest.
  – Die Richtlinie 2001/81/EG des Rates über nationale Emissionshöchstmengen für bestimmte Luftschadstoffe (NEC-RL), die vom Europäischen Parlament am 20. September 2001 verabschiedet wurde. Sie zielt auf die gleichzeitige Reduzierung der Emissionen von Schwefeldioxid, Stickstoffoxiden, flüchtigen organischen Verbindungen und Ammoniak. Von der nationalen Umsetzung der Richtlinie wird eine deutliche Verbesserung bei Bodenversauerung, Bodeneutrophierung und bodennahem Ozon erwartet.
  – Die Richtlinien des Europäischen Parlaments und des Rates über Maßnahmen gegen die Verunreinigung der Luft durch Emissionen von Kraftfahrzeugen, einschließlich Krafträdern, von Motoren für land- und forstwirtschaftliche Zugmaschinen

[16] Wichtige, im Rahmen des Übereinkommens verbotene POP’s sind unter anderem: DDT (= Dichlor-Diphenyl-Trichlorethan), Dioxine, PCB (= polychlorierte Biphenyle), Furane, Hexachlorbenzol.

sowie für mobile Maschinen und Geräte (stufenweise Verschärfung der Abgasrichtlinien).

Die Richtlinie 2002/3/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Februar 2002 über den Ozongehalt der Luft.

– Die neu gefasste Richtlinie 2001/80/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2001 zur Begrenzung von Schadstoffemissionen von Großfeuerungsanlagen[17] in die Luft (Großfeuerungsanlagen-Richtlinie), die von den Mitgliedstaaten bis zum 27. November 2002 in nationales Recht umgesetzt werden musste. Gegenüber der bisherigen Regelung enthält sie folgende Elemente:

  – Erstmals gelten auch EU-weit Emissionsgrenzwerte für Altanlagen, die vor 1987 in Betrieb gegangen sind. Diese Anlagen waren – im Gegensatz zur Altanlagenregelung in der deutschen Großfeuerungsanlagen-Verordnung – bisher ausgenommen, weshalb sie in der EU für den weit überwiegenden Teil der heutigen Schwefel- und Stickstoffoxidemissionen aus Großfeuerungen verantwortlich sind.

  – Fortentwickelte Emissionsgrenzwerte für neue Großfeuerungsanlagen.

  – Eine Regelung zur Förderung der Kraft-Wärme-Kopplung.

– Die Richtlinie 2001/77/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. September 2001 zur Förderung der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energiequellen im Elektrizitätsbinnenmarkt.

Wichtige Instrumente zur Verbesserung der Luftqualität bzw. der Umweltsituation und des Klimaschutzes auf nationaler Ebene sind:

– Das Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG, 1974) ist die zentrale Vorschrift zur Verringerung der Schadstoffemissionen aus Kraftwerken und anderen Industrie- sowie Intensivtierhaltungsanlagen. Es wird durch Verordnungen und technische Anleitungen (z. B. Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft, TA-Luft) ergänzt.

  Die TA-Luft wurde novelliert und ist zum 1. Oktober 2002 in Kraft getreten. Sie konkretisiert bundeseinheitlich die Anforderungen, die bei Genehmigung und wesentlichen Änderungen von Anlagen nach dem BImSchG zu beachten sind. Dabei stellt die Berücksichtigung von Ammoniak eine wesentliche Weiterentwicklung dar.

  Mit dem 7. Gesetz zur Änderung des BImSchG und der Novelle der 22. Bundesimmissionsschutz-Verordnung (BImSchV), die am 18. September 2002 in Kraft traten, werden die neuen Luftqualitätsrichtlinien der EU in deutsches Recht umgesetzt. Dabei werden u. a. auch anspruchsvollere Immissionsgrenzwerte zum Schutz von Ökosystemen und der Vegetation für SO_2 bzw. NO_x festgelegt.

– Das Programm zur Bekämpfung von bodennahem Ozon (Mai 2000) zielt auf eine wirksame, dauerhafte und deutliche Absenkung der Vorläufersubstanzen für Ozon. Es umfasst 17 Einzelmaßnahmen in den Bereichen, in denen ozonbildende Substanzen in großen Mengen entstehen, nämlich Verkehr und Lösemittelverwendung. Zu den verkehrsbezogenen Maßnahmen gehört u. a. die Förderung des ÖPNV und die Verlagerung des Gütertransports auf Schiff und Bahn.

– Weitere verkehrsrelevante Maßnahmen sind:

  – Weitere Verschärfung der Abgasgrenzwerte: für Pkw und leichte Nutzfahrzeuge ab 2005, für Lkw ab 2005 bzw. 2008, für Krafträder ab 2003 und 2006, für Motoren für land- und forstwirtschaftliche Zugmaschinen sowie für mobile Maschinen und Geräte ab 2000.

  – Seit dem 1. November 2001 Förderung schwefelarmer (Schwefelgehalt bis 50 mg/kg) und ab dem 1. Januar 2003 Förderung schwefelfreier (Schwefelgehalt bis 10 mg/kg) Kraftstoffe durch eine vom Schwefelgehalt abhängige Spreizung des Mineralölsteuersatzes. Benzin und Diesel mit einem höheren Schwefelgehalt werden um 1,53 Cent je Liter höher besteuert.

  – Verlängerung der Mineralölsteuerbegünstigung von Flüssiggas bis Ende 2009 und von Erdgas bis Ende 2020 im Rahmen der Ökologischen Steuerreform.

– Auch das von der Bundesregierung im Hinblick auf eine zukunftsfähige nachhaltige Energieversorgung im Rahmen der Energiewende eingeleitete Maßnahmenbündel zur Energieeinsparung und zum Klimaschutz bewirkt unmittelbare Emissionsminderungen. Je weniger und je effizienter Energie umgewandelt, transportiert und genutzt wird, desto geringer sind die damit einhergehenden CO_2- und Schadstoffemissionen. Die Bundesregierung hat daher vielfältige, an Wirtschaft, Verkehr, Haushalte und Endverbraucher gerichtete Anreize zum Energiesparen sowie zur verstärkten Nutzung erneuerbarer Energieträger gesetzt. Wichtige Instrumente in diesem Bereich sind:

  – Die Förderung regenerativer Energien: Die Bundesregierung hat das Ziel, den Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung spätestens bis zum Jahr 2010 zu verdoppeln und ihn auch darüber hinaus voranzubringen. Bis Mitte des Jahrhunderts sollen erneuerbare Energien rd. die Hälfte des Energieverbrauchs decken. Dazu dienen unter anderem:

    – Das „Gesetz für den Vorrang Erneuerbarer Energien (Erneuerbare-Energien-Gesetz – EEG) vom 29. März 2000; es zielt darauf, den Anteil der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien deutlich zu erhöhen und so den Anteil erneuer-

[17] Feuerungswärmeleistung von mehr als 50 MW.

barer Energieträger am gesamten Energieverbrauch bis zum Jahr 2010 zu verdoppeln.

- Die Biomasseverordnung (21. Juli 2001): Sie setzt das EEG im Bereich der Biomasse um und schafft die Voraussetzungen für klimaschonende Erzeugung von Energie aus nachwachsenden Rohstoffen wie Holz, Pflanzenabfällen oder Biogas.
- Das Marktanreizprogramm zugunsten erneuerbarer Energien.
- Das 100 000 Dächer-Solarstrom-Programm.
- Das Markteinführungsprogramm Biogene Treib- und Schmierstoffe.
- Forschung und Entwicklung sowie Maßnahmen des Zukunftsinvestitionsprogramms (ZIP).
- Die Bundesregierung sieht außerdem großes Potenzial in Wasserstoff als Energieträger, denn er ist vielseitig einsetzbar (z. B. in Verbrennungsmotoren, Hybridantrieben, Brennstoffzellen etc.). Außerdem können – falls er regenerativ hergestellt wird – die Emissionen von Schadstoffen und CO_2 in der gesamten Energiekette weiter reduziert werden. Ab 2003 soll dieses Konzept im so genannten „Clean Energy Partnership Berlin (CEP)“ in der Praxis erprobt werden.

- Die Förderung der Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz unter anderem durch
  - die Ökologische Steuerreform (u. a. Anhebung der Mineralölsteuer sowie Einführung einer Stromsteuer und deren stufenweise Anhebung bis 2003, Steuerbegünstigung für den öffentlichen Verkehr) und ihre Einbeziehung in eine Ökologische Finanzreform (bei der insbesondere das Abschmelzen umweltschädlicher Subventionen im Steuerrecht und die Fortführung des Abbaus volkswirtschaftlich fragwürdiger und ökologisch schädlicher Subventionstatbestände geplant sind).
  - das Klimaschutzprogramm der Bundesregierung (Oktober 2000), es umfasst u. a.:
    - das Kraft-Wärme-Kopplungsgesetz (2000/2002); es zielt – gemeinsam mit der KWK-Vereinbarung der deutschen Wirtschaft – darauf ab, die jährlichen CO_2-Emissionen in Deutschland bis zum Jahr 2005 um 10 Mio. t und bis zum Jahr 2010 um 23 Mio. t, mindestens aber 20 Mio. t zu mindern;
    - die Selbstverpflichtungserklärung der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge;
    - die Energieeinsparverordnung (2002) und das CO_2-Gebäudesanierungsprogramm der Kreditanstalt für Wiederaufbau; sie sind v. a. darauf gerichtet, den Energiebedarf für Gebäude (Neu- und Altbauten) deutlich zu verringern.

V.2 Minderung landwirtschaftlicher Emissionen

Die Neuausrichtung der Agrarpolitik kommt auch dem Wald zugute. Ein wesentliches Element der neuen Agrarpolitik ist der Aspekt der Nachhaltigkeit in der Agrarproduktion. Ziel ist es, die Erzeugung hochwertiger Lebensmittel und nachwachsender Rohstoffe zu fördern und gleichzeitig den Natur-, Umwelt- und Tierschutz zu stärken. Dabei stehen insbesondere folgende Maßnahmen im Mittelpunkt: Die verstärkte Förderung des ökologischen Landbaus, eine Verringerung der Nutztierdichte sowie gezielte, zusätzliche Maßnahmen zur Emissionsminderung.

Das Fundament hierfür ist eine nachhaltige Landwirtschaft. Sie erhält weitestgehend die natürlichen Ressourcen und deren Funktionsfähigkeit dauerhaft für heutige und nachfolgende Generationen. Umweltbelastende Stoffverluste, insbesondere Ammoniakemissionen und Nitrateinträge in Boden und Gewässer sind so weit wie möglich zu vermeiden und eine umweltgerechte Bewirtschaftung zu unterstützen. Immerhin stammen rd. 95 % der gesamten Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft.

Die Bundesregierung setzt sich dafür ein, die Ammoniakemissionen deutlich zu verringern: Sie sollen bis zum Jahr 2010 bis auf insgesamt 550 000 t jährlich zurückgeführt werden. Im Vergleich zu 1990 entspricht dies einer Verminderung um 28 %. Diese Zielsetzung spiegelt sich u. a. auch in eingegangenen gemeinschaftlichen und internationalen Verpflichtungen wider, z. B. in der EG-Richtlinie über nationale Emissionshöchstmengen und im Göteborg-Protokoll zum Genfer Luftreinhalteabkommen.

Diese Minderungsverpflichtungen betreffen vor allem die Landwirtschaft. Im Gegensatz zur Industrie arbeitet die Landwirtschaft jedoch mit Kulturpflanzen und Nutztieren in offenen Agrarökosystemen. Insbesondere bei der Tierhaltung wird deutlich, dass Anforderungen des Tierschutzes (z. B. Freilandhaltung) die Möglichkeiten des Emissionsschutzes mit technischen Mitteln (z. B. Luftfilter an Ställen) beschränken. Eine weitere Herausforderung ergibt sich aus der chemischen Reaktionsfähigkeit von Stickstoff: So könnten Minderungen der Ammoniakemissionen zu einer Erhöhung der Emissionen von Lachgas (N_2O) führen, was aus Klimaschutzgründen höchst unerwünscht ist.

Die Bundesregierung verfolgt einen ganzheitlichen Ansatz, um von der Landwirtschaft ausgehende Umweltbelastungen zu verringern. Dieser Ansatz umfasst folgende Elemente:

1. verstärkte Förderung des ökologischen Landbaus,
2. Begrenzung der betrieblichen und regionalen Nutztierdichte sowie
3. spezielle Maßnahmen zur Minderung landwirtschaftlicher Emissionen.

Zu 1.: Verstärkte Förderung des ökologischen Landbaus

Der ökologische Landbau entspricht heute schon weitestgehend den Kriterien der Nachhaltigkeit. Er hat damit Modellcharakter und kann eine Vorreiterrolle für die

nachhaltige Landwirtschaft übernehmen. Die Bundesregierung wird deshalb den ökologischen Landbau und die Umstellung konventioneller Betriebe auf den ökologischen Landbau besonders fördern. Ziel ist es, dass ökologischer Landbau bis 2010 auf 20 % der Fläche betrieben wird. Dazu dienen insbesondere die folgenden Maßnahmen:

– Günstige Förderbedingungen in der „Gemeinschaftsaufgabe zur Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK) für die Umstellung und Beibehaltung des Öko-Landbaus, die Verarbeitung und Vermarktung entsprechender Erzeugnisse, einzelbetriebliche Investitionen in diesem Bereich sowie der landwirtschaftlichen Direktvermarktung.

– Weitere Verbesserung der Rahmenbedingungen durch das „Bundesprogramm Ökologischer Landbau“: Das Bundesprogramm soll – ergänzend zur o. g. Förderung im Rahmen der GAK – zu einem nachhaltigen Wachstum von Angebot und Nachfrage für ökologisch hergestellte Lebensmittel beitragen. Im Rahmen des Bundesprogramms können vielfältige Maßnahmen in den Bereichen landwirtschaftliche Produktion, Erfassung und Verarbeitung, Handel, Vermarktung, Verbraucher, Technologieentwicklung und -transfer sowie flankierende Maßnahmen (z. B. Forschung und Entwicklung) durchgeführt werden. Das Bundesprogramm ist für die Jahre 2002 und 2003 mit rd. 35 Mio. Euro je Jahr ausgestattet.

– Einführung des Bio-Siegels: Das Bio-Siegel ist ein einheitliches, gesetzlich geschütztes, staatliches Kennzeichen für Erzeugnisse des ökologischen Landbaus. Nur Produkte, die den Anforderungen der EG-Öko-Verordnung genügen, dürfen das Bio-Siegel führen. Angesichts der bisherigen Vielfalt von Zeichen für ökologisch hergestellte Lebensmittel soll es Verbrauchern Klarheit und Sicherheit geben. Innerhalb eines Jahres konnte das Bio-Siegel mit über 12 000 gekennzeichneten Produkten erfolgreich etabliert werden.

– Memorandum der Bundesregierung an die Europäische Kommission über die Weiterentwicklung der EG-Öko-Verordnung: Die EG-Öko-Verordnung ist eine seit Jahren erprobte Rechtsgrundlage für den Öko-Landbau. Im Laufe der Zeit hat sich jedoch herausgestellt, dass die Verordnung im Interesse der Verbraucher noch verbessert werden kann. Beispielsweise sollte das Kontrollsystem erweitert, teilnehmende Betriebe zur Umstellung des gesamten Betriebes auf den ökologischen Landbau verpflichtet und Vorschriften für die Aquakultur aufgenommen werden. Außerdem sollten bei der Öko-Tierzucht mehr Futtermittel aus eigener bzw. ökologischer Erzeugung verwendet und im Öko-Pflanzenbau bestimmte Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft aus konventionellen Betrieben ausgeschlossen werden. Die Bundesregierung hat die Europäische Kommission aufgefordert, die EU-Öko-Verordnung in diesem Sinne weiterzuentwickeln. Das Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft wird diese Punkte auch im Rahmen des von der Europäischen Kommission zu entwickelnden Aktionsplanes für ökologisch erzeugte Lebensmittel und die ökologische Landwirtschaft weiterverfolgen.

– Verabschiedung eines Öko-Landbaugesetzes: Um das Vertrauen in den Öko-Landbau zu verbessern, sollen das Kontrollwesen gestärkt sowie entsprechende Gesetzesverstöße mit Straf- und Bußgeldvorschriften bewehrt werden. Das Gesetz wurde am 15. Juli 2002 verkündet und tritt am 1. April 2003 in Kraft.

Zu 2.: Begrenzung der Nutztierdichte

Regional erhöhte Ammoniakemissionen und damit einhergehende hohe Ammoniumeinträge haben ihre Ursache vor allem in hohen Nutztierdichten. Eine Begrenzung der Nutztierdichte trägt dazu bei, nicht nur die landwirtschaftlichen Emissionen, sondern auch verschiedene weitere Umwelteinflüsse der landwirtschaftlichen Produktion (z. B. Nitrateinträge ins Grundwasser, Emission klimarelevanter Spurengase) zu vermindern. Um dies zu erreichen, wurden folgende Maßnahmen ergriffen:

– Grundsatz der standortangepassten landwirtschaftlichen Nutzung: Das neue Bundesnaturschutzgesetz ist am 4. April 2002 in Kraft getreten. Damit wurde die Grundlage für einen modernen, zukunftsweisenden Naturschutz gelegt, der einen Ausgleich zwischen Nutzungsinteressen und dem Schutzbedürfnis der Natur schafft und gleichzeitig die Akzeptanz des Naturschutzes verbessert. Die landwirtschaftliche Nutzung soll standortangepasst erfolgen, vermeidbare Beeinträchtigungen benachbarter Biotope (einschließlich der Waldökosysteme) sind zu unterlassen.

  Mit Blick auf den Wald sind insbesondere folgende, neue Elemente wichtig: Die Bindung der Tierhaltung an die Fläche sowie die Verpflichtung, eine schlagspezifische Dokumentation über den Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln zu führen. Damit sollen insbesondere Nährstoffüberschüsse vermieden werden, die z. B. in Form von Ammoniakemissionen in die Atmosphäre gelangen können.

– Strengere Anforderungen für die Genehmigung von Tierhaltungsanlagen: Mit der Neufassung der 4. Bundesimmissionsschutzverordnung durch das Gesetz zur Umsetzung der UVP-Änderungsrichtlinie, der IVU-Richtlinie und weiterer EG-Richtlinien zum Umweltschutz wurde die Genehmigungspflicht nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz unter anderem auf Tierhaltungsanlagen ab 50 Großvieheinheiten und mehr als 2 Großvieheinheiten je Hektar ausgeweitet. Betriebe, die Nutztiere (z. B. Geflügel, Schweine, Rinder, Pferde, Ziegen) halten, aber keine ausreichende Flächenbindung haben (mehr als 2 Großvieheinheiten je Hektar), müssen künftig strengere Auflagen erfüllen und außerdem stärker überwacht werden. Für bestehende Betriebe gilt eine Übergangsfrist bis 30. Oktober 2007.

  Auch bei der Frage, ob Tierhaltungsanlagen einer Umweltverträglichkeitsprüfung bedürfen, werden Anlagen unter den genannten Voraussetzungen (50 und mehr Großvieheinheiten sowie mehr als 2 Großvieh-

einheiten je Hektar) künftig strenger behandelt als Anlagen mit ausreichender Flächenbindung.

– Berücksichtigung der Nutztierdichte bei Beihilfemaßnahmen: Die Bundesregierung hat dafür Sorge getragen, dass eine Bindung der Nutztierhaltung an die Fläche auch in verschiedenen agrarpolitischen Maßnahmen eingeführt wird.

  Beispiele:

  – Die Sonderprämie für männliche Rinder wird im Jahr 2002 nur bis zu einer Besatzdichte von 1,9 Großvieheinheiten je Hektar gezahlt; diese Besatzdichte wird ab 2003 nur noch 1,8 Großvieheinheiten je Hektar betragen.

  – Die Mutterkuhprämie setzt ebenfalls eine Besatzdichte von 2 Großvieheinheiten je Hektar, die Extensivierungsprämie nur 1,4 Großvieheinheiten je Hektar als Maßstab.

  – Im Rahmen des Agrarinvestitionsförderungsprogramms der GAK kann grundsätzlich nur ein Betrieb gefördert werden, dessen Nutztierdichte 2 Großvieheinheiten je Hektar nicht überschreitet. Wird diese Besatzdichte überschritten, muss eine ausgeglichene Nährstoffbilanz nachgewiesen werden.

  – Ab 2003 ist in Regionen mit hoher Nutztierdichte eine Viehabstockungsprämie vorgesehen (ab einer Minderung des Viehbesatzes um mindestens 0,5 Großvieheinheiten je Hektar landwirtschaftliche Fläche).

  – Ab 2004 soll auch die Ausgleichszulage in benachteiligten Gebieten im Rahmen der GAK grundsätzlich nur bei einem Viehbesatz von max. 2 Großvieheinheiten je Hektar gezahlt werden.

Zu 3.: Spezielle Maßnahmen zur Minderung landwirtschaftlicher Emissionen

Die eingangs genannten gemeinschaftlichen und internationalen Verpflichtungen zur Verminderung der Ammoniakemissionen sollen auf nationaler Ebene weitgehend im Rahmen des Bundesimmissionsschutzrechtes sowie des Düngemittelrechtes umgesetzt werden. Die wichtigsten Maßnahmen mit Blick auf den Wald sind:

– Ausweitung der immissionsschutzrechtlichen Genehmigungspflicht für landwirtschaftliche Betriebe:

  – Bisher bestand die immissionsschutzrechtliche Genehmigungspflicht nur für große Veredelungsbetriebe (Schweine, Geflügel). Um die o. g. Minderungsverpflichtungen zu erreichen, müssen sich dieser Genehmigungspflicht künftig nicht nur Betriebe mit hoher Nutztierdichte unterziehen (s. o.). Zudem wurden auch große Rinder- und Kälberbetriebe (mehr als 250 bzw. 350 Rinderplätze; mehr als 300 bzw. 1 000 Kälberplätze) sowie Anlagen zur Haltung von Pelztieren mit mehr als 750 bzw. 1 000 Plätzen – unabhängig von ihrer Flächenbindung – der Genehmigung und Überwachung nach dem BImSchG und ggf. einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) unterworfen[18]. Immerhin tragen Rinder zu ungefähr zwei Dritteln zu den Ammoniakemissionen aus der Tierhaltung bei.

  – In Regionen mit hoher Nutztierdichte kann die nach BImSchG erforderliche Betriebsgenehmigung von einer Sonderfallprüfung im Hinblick auf Stickstoffeinträge in empfindliche Ökosysteme abhängig gemacht werden.

– Neue TA-Luft vom 24. Juli 2002: Mit Blick auf den Wald enthält sie folgende Verbesserungen:

  – Alle neu zu errichtenden großen Tierhaltungsanlagen müssen Mindestabstände zu Waldökosystemen einhalten. Dabei dient die von der Tierhaltungsanlage verursachte Ammoniakemission in der Luft als Entscheidungskriterium zur Ermittlung des Mindestabstandes. Erstmals wird daneben eine Ammoniakkonzentration in Höhe von maximal 10 $\mu g/m^3$ Gesamtbelastung als Entscheidungskriterium eingeführt. Gegenüber stickstoffempfindlichen Pflanzen und Ökosystemen ist ein Mindestabstand von 150 m vorgesehen.

  – Außerdem werden künftig alle großen Tierhaltungsanlagen Ammoniakemissionen durch Maßnahmen wie u. a. größtmögliche Sauberkeit und Trockenheit im Stall, eine an den Nährstoffbedarf der Tiere angepasste Fütterung, ggf. ausreichende Einstreu und – bei Außenbehältern – eine abgedeckte Lagerung der Gülle weitestgehend vermeiden müssen.

– Technische Maßnahmen zur Minderung der landwirtschaftlichen Emissionen: Die Bundesregierung hat sich im Rahmen des o. g. Multikomponentenprotokolls – über die Reduktionsverpflichtung hinaus – verpflichtet, neben den durch die o. g. Anpassung der TA-Luft bereits umgesetzten Maßnahmen, zur Verminderung der landwirtschaftlichen Emissionen zusätzlich folgende Maßnahmen durchzuführen:

  – Erarbeitung von Empfehlungen zur guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft zur Begrenzung von Ammoniakemissionen. Dieser Leitfaden wird in Kürze veröffentlicht und berücksichtigt die besonderen Bedingungen in Deutschland. Er enthält insbesondere Empfehlungen zum Stickstoffmanagement (unter Berücksichtigung des gesamten Stickstoffkreislaufs), zu Fütterungsstrategien, zu emissionsarmen Dunglagerungs- und -ausbringungsverfahren, zu emissionsarmen Tierhaltungssystemen sowie für Möglichkeiten der Begrenzung von Ammoniakemissionen beim Einsatz von Mineraldüngern,

---

[18] Die niedrige Zahl gilt für ein vereinfachtes Genehmigungsverfahren nach dem Bundesimmissionsschutzgesetz ohne Beteiligung der Öffentlichkeit, die höhere Zahl für ein Genehmigungsverfahren mit Beteiligung der Öffentlichkeit.

  - Begrenzung von Ammoniakemissionen aus festen Düngemitteln auf Harnstoffbasis,
  - Umstellung auf emissionsarme Gülleausbringungsverfahren bis zum 31. Dezember 2007,
  - Verringerung der Emissionen bei der Ausbringung von Festmist: Einarbeitung auf zu pflügenden Flächen innerhalb von 24 Stunden.
- Besondere Förderung von einzelbetrieblichen Investitionen zur Emissionsminderung über das Agrarinvestitionsförderungsprogramm der GAK.

V.3 Maßnahmen der Forstwirtschaft gegen Neuartige Waldschäden

Zentrales Ziel der Forstpolitik der Bundesregierung ist es, die Funktionsfähigkeit der Wälder auf Dauer zu erhalten und zu verbessern. Dem stehen insbesondere die vielfach immer noch zu hohen Luftverunreinigungen sowie die Klimaänderung entgegen. Deren negative Auswirkungen beeinträchtigen auch die biologische Vielfalt im Wald und die Funktion des Waldes als Wasserfilter und -speicher. Insofern ist auch die Forstpolitik integrativer Teil eines übergreifenden Konzeptes zur langfristigen Sicherung unserer natürlichen Lebensgrundlagen, bei dem sich Maßnahmen zur Erhaltung der Waldökosysteme und ihrer biologischen Vielfalt mit Maßnahmen zum Klimaschutz, zur Energiewende sowie zum Gewässerschutz ergänzen.

Die Forstpolitik hat – flankierend zur Luftreinhalte- und Klimaschutzpolitik – Maßnahmen ergriffen, um

1. den Waldzustand zu überwachen,
2. eine naturnahe Waldbewirtschaftung umzusetzen,
3. forstliche Genressourcen zu erhalten,
4. den nachwachsenden Rohstoff Holz noch stärker zu nutzen,
5. Wild und Wald in Einklang zu bringen,
6. forstliche Maßnahmen schonend durchzuführen und
7. schädliche, von außen kommende Einwirkungen auf den Wald abzuwehren.

Diese Maßnahmen sind u. a. auch Bestandteil der von Bund und Ländern unter Beteiligung von Verbänden der Forstwirtschaft und des Naturschutzes entwickelten Strategie „Forstwirtschaft und Biologische Vielfalt“, die gegenwärtig umgesetzt wird.

Zu 1.: Überwachung des Waldzustands

Das „forstliche Umweltmonitoring“ ist ein Instrument, um den Waldzustand zu erfassen, zu dokumentieren, Veränderungen festzustellen und dazu beizutragen, die Ursachen für diese Veränderungen zu ermitteln und besser zu verstehen (vgl. Abschnitt II). Die damit gewonnenen Datensätze und Ergebnisse werden miteinander verknüpft und integrierend ausgewertet.

Für die Politik ist das forstliche Umweltmonitoring eine unverzichtbare Entscheidungshilfe. Durch die Bereitstellung von messbaren, repräsentativen Daten hat es in einem Spannungsfeld zwischen Verharmlosung und Panikmache maßgeblich zur Versachlichung der Diskussion beigetragen. Die Daten aus dem Umweltmonitoring werden z. B. auch bei internationalen Verhandlungen als Argumentationsgrundlage für die Senkung von Immissionen ebenso genutzt wie für weitergehende wissenschaftliche Untersuchungen.

Die Bundesregierung finanziert zu dieser Thematik das Verbundvorhaben „Konzept und Machbarkeitsstudie für die Integrierende Auswertung von Daten des Umweltmonitorings im Wald“: Ziel des 2001 angelaufenen Vorhabens ist es, Vorschläge für die Weiterentwicklung des forstlichen Umweltmonitorings zu erarbeiten, wobei insbesondere Fragen des Datenmanagements und integrierender Auswertungsmethodik im Mittelpunkt stehen. Für dieses Projekt sind ca. 1,6 Mio. Euro vorgesehen.

An dem Vorhaben beteiligen sich neben den Forstfakultäten der Hochschulen auch die forstlichen Forschungs- und Versuchsanstalten des Bundes und der Länder.

Zu 2.: Umsetzung einer naturnahen Waldbewirtschaftung

Ein Ziel der Forstpolitik ist es, stabile und gemischte Waldbestände zu entwickeln, die ein hohes Maß an biologischer Vielfalt mit hoher Widerstandskraft gegen Witterungsextreme, Schädlingsbefall und Schadstoffeinträge sowie ein großes Anpassungspotenzial im Hinblick auf Klimaänderungen aufweisen. Naturnahe Wälder kommen diesem Ziel sehr nahe.

Die Bundesregierung strebt daher eine naturnahe Waldbewirtschaftung möglichst auf der gesamten forstwirtschaftlich genutzten Waldfläche in Deutschland an. Idealbild sind dabei strukturreiche, stabile Mischbestände, in denen sich die Bewirtschaftung weitgehend an natürlichen Abläufen orientiert und auch Alters- bzw. Zerfallsphasen (Totholz) ihren Platz haben. Ein hinreichender Anteil standortheimischer Baumarten ist einzuhalten.

Dies erfordert in einem Teil der vorhandenen Wälder „Umbaumaßnahmen“. Zur Umsetzung in den Staatswäldern haben die Forstverwaltungen des Bundes und der Länder in den letzten Jahren entsprechende Wirtschaftsregeln erstellt. Diese Regeln sind für die Staatswälder verbindlich und werden dem Privat- und Körperschaftswald empfohlen.

Angesichts der langen Lebensspanne von Bäumen bzw. Waldbeständen ist dieser Waldumbau jedoch nicht innerhalb weniger Jahre möglich, sondern erfordert Zeiträume von Jahrzehnten. Die forstpolitisch gewünschte Umorientierung kann – während einer Übergangszeit – für den Waldbesitzer jedoch mit zusätzlichen Kosten und auch Risiken (z. B. vorübergehende Instabilität der Waldbestände) verbunden sein. Unterstützt werden sie hierbei durch Fördermaßnahmen im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küs-

tenschutzes“ (GAK), z. B. bei der langfristigen Überführung von Reinbeständen, beim Umbau nicht standortgerechter Bestände in standortgerechte und stabile Mischbestände sowie bei der Bestandespflege. Weitere Fördermaßnahmen zur Erhöhung der ökologischen Stabilität der Wälder werden derzeit diskutiert.

Die Bundesregierung finanziert im Rahmen der forstwirtschaftlichen Begleitforschung zu dieser Thematik das Verbundprojekt „Zukunftsorientierte Waldwirtschaft“: Ziel des 1999 begonnenen Vorhabens, an dem sechs Länder direkt beteiligt sind, ist es, die o. g. Umstellung auf naturnahe Waldwirtschaft wissenschaftlich zu untermauern und zu begleiten und der Forstwirtschaft konkrete Entscheidungshilfen zur Verfügung zu stellen. Für dieses Projekt wurden bisher rd. 19 Mio. Euro zur Verfügung gestellt.

Wesentliche Grundsätze bzw. Ziele einer naturnahen Waldwirtschaft sind:

– Aufbau stabiler, stufiger und strukturreicher naturnaher Mischwälder unter angemessener Berücksichtigung standortheimischer Baumarten,
– Verzicht auf Kahlhiebe und Vorrang einer einzelstammweisen bis gruppenweisen Nutzung mit dem Ziel, starkes wertvolles Holz zu erziehen,
– Vorrang der natürlichen Verjüngung bei geeigneten Ausgangsbeständen; falls Saat oder Pflanzung erforderlich: Verwendung von Saat- oder Pflanzgut, welches einen Aufbau der oben beschriebenen Mischwälder zulässt,
– Bodenschutz durch Verzicht auf Entwässerung und auf Düngung zur Ertragssteigerung,
– grundsätzliche Berücksichtigung der Belange des Naturschutzes und der waldtypischen natürlichen Entwicklungsdynamik bei der Waldbewirtschaftung in angemessener Weise auf der ganzen Fläche, z. B. durch Schutz und Pflege besonderer Waldbiotope, Erhaltung alter Bäume und Baumgruppen, Belassen von Totholzanteilen sowie Sonderstrukturen, Schutz seltener Tier- und Pflanzenarten, Förderung seltener Baum- und Straucharten etc.,
– Verzicht auf gentechnisch veränderte Organismen.

Zu 3.: Erhaltung forstlicher Genressourcen

Eine weitere Maßnahme der Zukunftssicherung ist die Erhaltung forstlicher Genressourcen. Waldbäume verfügen von Natur aus über eine besonders große genetische Vielfalt, die durch Umwelteinflüsse gefährdet ist.

Die wichtigsten und auch flächenbedeutsamsten Maßnahmen zur Sicherung der forstlichen Genressourcen sind einerseits die Naturverjüngung geeigneter Bestände sowie andererseits die Verwendung von herkunftsgesichertem und angepasstem Vermehrungsgut dort, wo Naturverjüngung nicht möglich oder sinnvoll ist.

Ergänzend treten spezielle Generhaltungsmaßnahmen von Bund und Ländern im Rahmen ihres gemeinsamen Konzepts zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung forstlicher Genressourcen (2000) hinzu. Vorrang haben dabei Erhaltungsmaßnahmen am Ort des jeweiligen Vorkommens (in situ).

Insbesondere bei konkurrenzstarken Baumarten (z. B. Buche) tragen auch nutzungsfreie Waldgebiete (z. B. Nationalparke, Kernzonen in Biosphärenreservaten und Naturwaldreservate) zur Erhaltung der genetischen Vielfalt bei. Hohe Aufmerksamkeit gilt dabei der Rotbuche, für die – aufgrund ihres geringen Verbreitungsareals mit Zentrum in Deutschland – die Bundesrepublik besondere globale Verantwortung trägt.

Seltene Baum- und Straucharten (z. B. Elsbeere, Speierling und Wildobstarten) können dagegen heute auf vielen Standorten nur mithilfe menschlicher Eingriffe (z. B. Durchforstungen zu ihren Gunsten) bestehen. Ergänzend werden bei gefährdeten Genressourcen z. T. auch Erhaltungsmaßnahmen in Genbanken und Samenplantagen (ex situ) durchgeführt.

Zu 4.: Stärkere Nutzung des nachwachsenden Rohstoffes Holz

Holz ist ein nachwachsender Rohstoff und hat als solcher erhebliche ökologische Vorzüge gegenüber zahlreichen anderen Rohstoffen. Holz wird im Rahmen einer ordnungsgemäßen Forstwirtschaft nachhaltig erzeugt, es hat eine günstige Energiebilanz und kann bei Produktion langlebiger Produkte ein wirksamer CO_2-Speicher sein. Holzprodukte sind zudem weitgehend CO_2-neutral und können bei entsprechender Behandlung am Ende ihrer Nutzung nahezu rückstandsfrei verwertet werden. Durch die direkte energetische Nutzung von Holz können Erdöl, Erdgas und Kohle ersetzt werden. Dadurch wird die Freisetzung entsprechender Mengen Klimagase vermieden.

Gleichzeitig könnte in Deutschland nachhaltig mehr Holz genutzt werden, als derzeit eingeschlagen wird. Die Gesamtmenge des verfügbaren Rohholzaufkommens in unseren Wäldern wird auf jährlich ca. 57 Mio. m^3 geschätzt. Bisher werden davon nur rd. 70 % eingeschlagen, der Rest bleibt ungenutzt.

Die Bundesregierung fördert daher die verstärkte Nutzung von Holz im Rahmen ihrer Maßnahmen zur Verbesserung des Klimaschutzes:

– Das Erneuerbare-Energien-Gesetz, die Biomasseverordnung und das Marktanreizprogramm für erneuerbare Energien verbessern u. a. auch die Wettbewerbsfähigkeit von Holz als Energieträger (z. B. in Biomasseanlagen).
– Hierzu trägt die Ökologische Steuerreform gleich auf zweifache Weise bei: Im Gegensatz zu Öl oder Gas ist Holz als Brennstoff nicht von der Mineralölsteuererhöhung betroffen. Und im Rahmen des aus dem Aufkommen der Ökologischen Steuerreform finanzierten Marktanreizprogramms für erneuerbare Energien werden Holzfeuerungsanlagen gefördert.

- Die verbindliche Einführung des Niedrigenergiehausstandards kommt Eigenheimen in Holzbauweise aufgrund ihrer baustoffbedingt guten Wärmedämmung besonders zugute.
- Außerdem fördert die Bundesregierung die Weiterentwicklung von Verfahren zur stofflichen und energetischen Holznutzung.
- Mit dem Förderschwerpunkt „Integrierter Umweltschutz in der Holzwirtschaft“ fördert die Bundesregierung Vorhaben
  - zur Entwicklung neuer strukturierter Holzwerkstoffe,
  - zur Verbesserung der Einsatzmöglichkeiten von Holzwerkstoffen sowie
  - zu verbesserten Holzschutzmethoden.
  - Ferner ist die wirtschaftliche Herstellung von Häusern auf der Grundlage standardisierter Holz- und Holzwerkstoff-Elemente Ziel künftiger Arbeiten.

Zu 5.: Wild und Wald in Einklang bringen

Die Wildarten des Waldes sind wichtige Bestandteile der biologischen Vielfalt. Ihre Erhaltung und nachhaltige Nutzung wird insbesondere im Rahmen einer landschaftlich angepassten Hege und Bejagung gesichert. In vielen Regionen behindern jedoch noch überhöhte Schalenwildbestände (insbesondere Rehwild) die Entwicklung strukturreicher Wälder und führen durch selektiven Verbiss zur Artenverarmung. Die Forstwirtschaft wirkt darauf hin, dass für die Herleitung der Abschusshöhe grundsätzlich ökologische Weiser (z. B. Verbiss- und Schälgutachten) herangezogen werden. Dadurch konnten überhöhte Wildbestände in einigen Regionen bereits erheblich gemindert werden.

Zu 6.: Schonende Durchführung forstlicher Maßnahmen

Die Wälder in Deutschland werden – im Vergleich zu anderen natürlichen Ressourcen – nur sehr extensiv genutzt; Eingriffshäufigkeit und -intensität einer ordnungsgemäßen Forstwirtschaft sind um ein Vielfaches geringer als in anderen Landnutzungsarten (z. B. Landwirtschaft oder sogar Verkehrsflächen). Der Wald ist daher – trotz jahrhundertelanger Nutzung – immer noch ein weit gehend naturnahes Ökosystem, das mit seinen vielfältigen Funktionen der Volkswirtschaft und auch jedem Einzelnen dient.

Die Forstwirtschaft ist sich dieser Verantwortung ebenso bewusst wie der Tatsache, dass unsachgemäße Nutzungen die Waldökosysteme erheblich beeinträchtigen können. Der Grundgedanke einer ordnungsgemäßen Fortwirtschaft ist daher, die mit der Waldnutzung einhergehenden Belastungen für die Waldökosysteme und insbesondere für die Waldböden zu vermeiden oder zumindest weitestgehend zu verringern. Dieses Anliegen ist Teil des Nachhaltigkeitsgedankens und spiegelt sich bereits seit Jahrzehnten in zahlreichen Untersuchungen der Forstlichen Forschungs- und Versuchsanstalten des Bundes und der Länder sowie der forstwissenschaftlichen Universitäten und Fachhochschulen wider.

In diesem Zusammenhang spielen folgende Aspekte eine besondere Rolle:

- Eine ausreichende Walderschließung ist für die Bewirtschaftung, den Waldschutz und die Erholung im Wald erforderlich. Zu weit gehende Erschließung ist jedoch nachteilig und unerwünscht.

  Aufgrund des mittlerweile erreichten Erschließungsgrades ist ein Neubau von Waldwegen fast nur noch in einzelnen ostdeutschen Ländern sowie im kleinstrukturierten Privatwald einiger Regionen notwendig. Die Wegebaumaßnahmen werden erst nach eingehendem Variantenstudium, unter Schonung wertvoller Biotope und mit minimalen Erdbewegungen durchgeführt. Eine Bodenversiegelung wie z. B. durch Teerdecken ist im Wald die absolute Ausnahme.
- Der Maschineneinsatz im Wald erfordert besondere Sorgfalt, nicht nur wegen möglicher Beschädigungen an den Bäumen, sondern insbesondere an den Waldböden. Um Bodenverdichtungen zu vermeiden bzw. zu minimieren, kommt der Auswahl geeigneter Maschinen und Arbeitsverfahren sowie des Einsatzzeitpunktes besondere Bedeutung zu. Beispielsweise sollten alle Fahrbewegungen möglichst auf ein Netz dauerhafter Fahrlinien (Rückegassen) konzentriert werden.
- Die Forstwirtschaft begegnet biotischen Schaderregern (z. B. Insekten und Pilzen) vorrangig durch vorbeugende Maßnahmen des Waldschutzes (z. B. Beseitigung von Borkenkäferbrutstätten). Werden Maßnahmen erforderlich, so werden vorwiegend mechanische und biotechnische Verfahren eingesetzt, bei Bedarf aber auch chemische Pflanzenschutzmittel. Letztere sind insbesondere dann notwendig, wenn Waldökosysteme aufgrund großflächiger Insektenkalamitäten in ihrer Existenz akut gefährdet und unvertretbare ökologische Folgen zu erwarten sind. In der Forstwirtschaft werden damit die Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes und der Schutz des Grundwassers berücksichtigt.

  Nach Erhebungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA) werden nur etwa 0,1 % der in Deutschland verbrauchten Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe auf Waldflächen ausgebracht.

Zu 7.: Abwehr schädlicher externer Einwirkungen

Im Kontext dieses Berichtes stehen die forstlichen Maßnahmen zur Verminderung der negativen Auswirkungen der Luftverunreinigungen für die Waldökosysteme im Mittelpunkt. Die Forstpolitik muss außerdem einer Reihe von weiteren „waldschädlichen“, externen Einwirkungen begegnen, z. B.

- der Inanspruchnahme von Wald für andere Nutzungsarten (Waldzerschneidung und Umwandlung von Wald),
- der Absenkungen des Grundwasserspiegels,
- der Florenverfälschung durch Verwendung ungeeigneter Pflanzenherkünfte im Landschaftsbau (insbesondere entlang von Straßen),

– der übermäßigen Inanspruchnahme von Wäldern für Erholungszwecke,

– der Einschleppung von Schadorganismen und invasiven Arten sowie

– den Folgen des Klimawandels.

Die Waldökosysteme waren über Jahrzehnte hinweg hohen Säure- und Stoffeinträgen aus der Atmosphäre ausgesetzt, die immer noch anhalten. Auf einigen Standorten waren die Belastungen so hoch, dass dort Waldbestände abgestorben sind (z. B. im Harz und Erzgebirge). Dies blieb glücklicherweise jedoch auf wenige Standorte begrenzt und hat sich – v. a. aufgrund von deutlichen Verbesserungen der Luftqualität – nicht ausgeweitet. Um auf solchen Standorten die Erfüllung der Waldfunktionen auch weiterhin zu sichern, werden geschädigte Bestände wieder aufgeforstet bzw. wird einer drohenden Bestandesauflösung durch Vor- und Unterbau begegnet.

Sehr viel problematischer ist dagegen, dass anhaltend hohe Stoffeinträge die Waldböden großflächig verändert und teilweise in ihrer Funktionsfähigkeit beeinträchtigt haben. Insbesondere Säureeinträge haben auf vielen Standorten zur Bodenversauerung sowie zur Auswaschung von Pflanzennährstoffen und Spurenelementen geführt. Diese Prozesse sind nicht nur nachteilig für die Vegetation bzw. den Baumbestand und den Waldboden als Produktionsfaktor, sondern haben v. a. auch Konsequenzen für unser Trink- und Oberflächenwasser: Immerhin liegen im Wald zahlreiche Wasserschutzgebiete. Untersuchungen auf Dauerbeobachtungsflächen zeigen z. B., dass auf verschiedenen Waldstandorten die in die Waldböden eingetragenen Schadstoffe inzwischen mit dem Sickerwasser in erheblichen Größenordnungen wieder ausgetragen werden. Dieser Austrag erfolgt i. d. R. zeitlich versetzt mit einer Verzögerung von mehreren Jahrzehnten. Auf diesen Standorten ist die Fähigkeit des Waldbodens zur Bindung von Einträgen überschritten, Grund- und Quellwasser sind dort akut beeinträchtigt.

Vor diesem Hintergrund haben die forstliche Bodenschutzkalkung bzw. die Kompensationsdüngung Bedeutung: Sie können diese Prozesse zwar nicht umkehren, wirken einer fortschreitenden Bodenversauerung und damit zusätzlichen Stoffausträgen mit dem Sickerwasser jedoch entgegen. Darüber hinaus werden Pflanzennährstoffe (z. B. Magnesium und Phosphor) wieder zugeführt, die infolge der Versauerung aus den Waldböden ausgetragen wurden. Die Kompensationsdüngung ist in vielen Fällen auch Vorraussetzung für eine Erfolg versprechende Verjüngung stark geschädigter Bestände.

Alle Waldbesitzarten beteiligen sich

An den o. g. Maßnahmen beteiligen sich alle Waldbesitzarten. Im Privat- und Körperschaftswald wird die Durchführung bestimmter Maßnahmen von der Europäischen Union, Bund und Ländern mit erheblichen Mitteln gefördert; bei der Bodenschutzkalkung z. B. sogar mit bis zu 90 % der förderfähigen Kosten.

Zentrales Förderinstrument ist dabei die Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (GAK). Seit dem Jahr 2000 beteiligt sich die EU im Rahmen der „Verordnung über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raumes“ (EAGFL-VO) in den alten Ländern mit bis zu 50 % und in den neuen Ländern sogar mit bis zu 75 % der förderfähigen Kosten. Die Länder haben die EAGFL-Maßnahmen z. T. im Rahmen der GAK umgesetzt, z. T. aber auch in speziellen Landesförderprogrammen.

Im Jahr 2001 wurden im Rahmen der GAK bei privaten und kommunalen Waldbesitzern folgende Maßnahmen gefördert:

– Umstellung auf eine naturnahe Waldbewirtschaftung (vgl. Anlage 5): Fördersumme rd. 20,8 Mio. Euro (Waldumbau: ca. 4 500 ha, Bestandespflege: ca. 23 300 ha). Zu den geförderten Maßnahmen zählt die Überführung von Reinbeständen in Mischbestände, der Umbau nicht standortgerechter Bestände sowie die Bestandespflege.

– Wiederaufforstung von sowie Vor- und Unterbau in geschädigten Beständen (vgl. Anlage 6): Fördersummen rd. 1,6 Mio. Euro für Wiederaufforstung (ca. 440 ha) sowie 3,1 Mio. Euro für Vor- und Unterbau (ca. 2 000 ha).

  Diese Maßnahmen dienen dem Erhalt akut geschädigter Wälder. Sie werden nur dort eingesetzt, wo sich aufgrund hoher Immissionen der vorherige Waldbestand bereits aufgelöst hat oder aufzulösen droht.

– Bodenschutzkalkung bzw. Kompensationsdüngung (vgl. Anlage 7): Fördersumme ca. 10,2 Mio. Euro (ca. 68 000 ha).

Doch auch in den Staatswäldern werden diese Maßnahmen in großem Umfang durchgeführt: So wurden z. B. zwischen 1984 und 2000 dort rd. 1,6 Mio. ha Wald gekalkt (Privat- und Körperschaftswald im gleichen Zeitraum: knapp 1,2 Mio. ha Wald; vgl. Anlage 7).

VI Länderbeiträge

Regional gibt es erhebliche Unterschiede in Niveau und Entwicklung der Kronenverlichtungen. Mittelwertbildungen über große Kollektive können regional abweichende Zustände und Entwicklungen leicht verdecken. Es empfiehlt sich daher, stets auch die jeweilige Situation auf Landesebene zu betrachten.

Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über die Schadflächenanteile insgesamt sowie bei den Baumarten Fichte, Kiefer, Buche und Eiche in den Ländern. Sie fasst wesentliche Ergebnisse der Länderberichte zusammen. Dabei ist zu beachten, dass Angaben zwischen den Ländern aufgrund unterschiedlicher Baumartenanteile sowie Altersstrukturen nur bedingt vergleichbar sind.

Weiter gehende Information über die Forstwirtschaft und den Waldzustand in den verschiedenen Ländern ist zugänglich über die Internetseite http://www.wald-online.de.

Tabelle 1

Ergebnis der Waldzustandserhebung 2002 in den Ländern
Anteile deutlicher Kronenverlichtungen (Schadstufen 2 bis 4)
insgesamt und nach Baumarten in % der Flächen

Land	Gesamt		Fichte		Kiefer		Buche		Eiche		WSE-Netz
	in % der Waldfläche	Veränd. zu 2001 in %-Punkten	in % der Fläche der Baumart	Veränd. zu 2001 in %-Punkten	in % der Fläche der Baumart	Veränd. zu 2001 in %-Punkten	in % der Fläche der Baumart	Veränd. zu 2001 in %-Punkten	in % der Fläche der Baumart	Veränd. zu 2001 in %-Punkten	Netzdichte in 2002
Baden-Württemberg	*24*	*– 5*	*o. A.**		*o. A.**		*o. A.**		*o. A.**		16 x 16 km
Bayern	*21*	*– 4*	*25*	*– 1*	*16*	*– 9*	*21*	*– 9*	*17*	*– 7*	16 x 16 km
Berlin	*24*	*– 5*	*o. A.**		*22*	*– 5*	*o. A.**		*35*	*– 9*	2 x 2 km
Brandenburg	*10*	*+ 2*	*o. A.**		*9*	*+ 3*	*21*	*+ 5*	*21*	*– 6*	4 x 4 km
Bremen	*5*	*+/– 0*	*o. A.**		*o. A.**		*o. A.**		*o. A.**		200 x 100 km
Hamburg	*o. A.**		*o. A.**		*o. A.**		*o. A.**		*o. A.**		16 x 16 km
Hessen	*25*	*– 1*	*17*	*– 4*	*30*	*– 1*	*34*	*+ 4*	*18*	*– 13*	8 x 8 km
Mecklenburg-Vorpommern	*10*	*– 6*	*8*	*– 14*	*8*	*– 5*	*33*	*– 11*	*13*	*– 18*	8 x 8 km
Niedersachsen	*12*	*– 1*	*34*	*– 3*	*11*	*– 3*	*32*	*– 3*	*42*	*– 9*	4 x 4 km
Nordrhein-Westfalen	*24*	*– 3*	*19*	*– 4*	*20*	*– 5*	*37*	*– 1*	*29*	*– 14*	4 x 4 km
Rheinland-Pfalz	*24*	*+ 3*	*19*	*+ 5*	*11*	*+/– 0*	*51*	*+ 14*	*27*	*– 8*	4 x 12 km
Saarland	*11*	*+/– 0*	*7*	*– 2*	*9*	*– 1*	*27*	*+ 3*	*5*	*– 3*	2 x 4 km
Sachsen	*18*	*+ 3*	*18*	*+ 5*	*14*	*+ 5*	*25*	*– 2*	*31*	*– 18*	4 x 4 km
Sachsen-Anhalt	*18*	*+ 1*	*22*	*– 5*	*7*	*+ 3*	*42*	*+ 2*	*39*	*– 8*	4 x 4 km
Schleswig-Holstein	*24*	*+/– 0*	*32*	*+ 3*	*17*	*+ 9*	*36*	*+ 2*	*23*	*– 6*	4 x 4 km**
Thüringen	*25*	*– 3*	*18*	*– 4*	*29*	*+ 1*	*32*	*– 6*	*37*	*– 6*	4 x 4 km
Deutschland	*21*	*– 1*	*26*	*+/– 0*	*13*	*– 1*	*32*	*+/– 0*	*29*	*– 5*	16 x 16 km

* Ohne Angabe, Stichprobenumfang lässt baumartenspezifische Aussagen nicht zu.
** Teilweise verdichtet auf 2 x 2 km.

VI.1 Baden-Württemberg

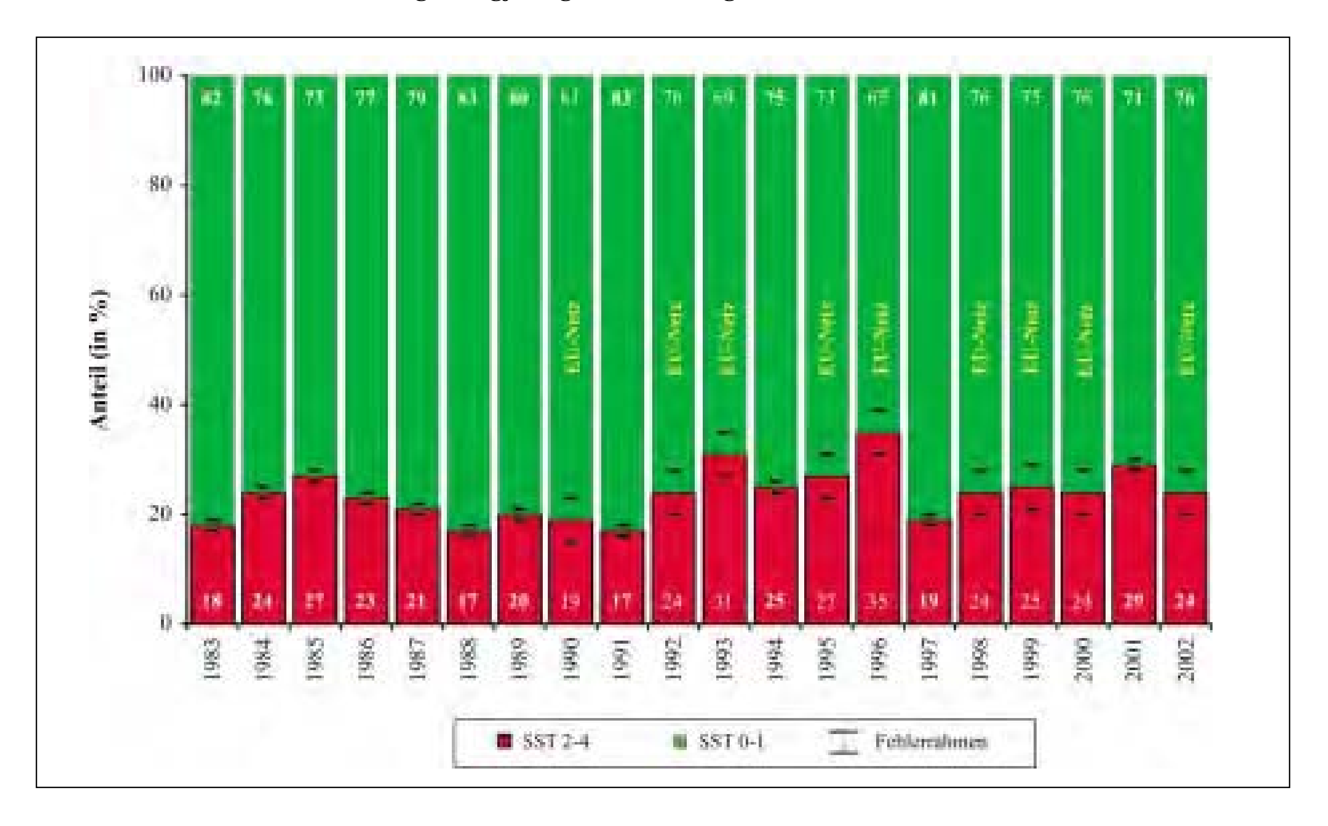
Im Jahr 2002 wurde in Baden-Württemberg die 20. Terrestrische Waldschadensinventur (TWI) durchgeführt. Bei den Aufnahmen im 16 x 16 km-Raster wurden 50 Stichprobenpunkte mit insgesamt 1 170 Bäumen erfasst. Bei dieser Stichprobendichte können Aussagen über den Zustand der gesamten Waldfläche Baden-Württembergs getroffen werden. Eine Aufgliederung auf einzelne Baumarten und Regionen ist dagegen nicht möglich.

Zum Zeitpunkt der Aufnahmen 2002 lag der Anteil der deutlich geschädigten Waldfläche (Schadstufe 2 bis 4) bei 24 % ± 4 %. Gegenüber der letzten Inventur im EU-Netz 2000 hat sich damit die Schadfläche nicht signifikant verschlechtert. Der mittlere Nadel-/Blattverlust über alle Baumarten liegt bei 18,9 % (± 1,5 %). Die Vergilbung von Nadeln und Blättern, als Weiser für Magnesium-Mangel im Boden, ist von 0,9 % (2000) auf 9 % angestiegen.

Auffällig für die durch den Wintersturm von 1999 („Lothar“) geschädigten Gebiete war ein deutlich höherer Anfall von Trockenschäden bedingt durch die Hitze-/Trockenperiode im August 2001. Es ist anzunehmen, dass es durch den Sturm zu Feinwurzelbeschädigungen der Bäume kam und daher Trockensymptome hervorgerufen wurden. Biotische Schäden gab es v. a. durch den Borkenkäfer an Fichte, infolge des enormen Sturmholzanfalls durch „Lothar“. Die angefallenen Käferholzmengen liegen aber aufgrund eines intensiven Käfermonitorings und erfolgreicher Bekämpfung deutlich unter den Werten des Vorjahres. Sonstige biotische Schädigungen traten nur mit regionalen Schwerpunkten auf.

Abbildung 43

Baden-Württemberg: Langjährige Entwicklung der Schadstufen 0 bis 1 und 2 bis 4



Die verschiedenen Messnetze, die von der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württembergs (FVA) zur langjährigen Überwachung des Waldzustandes und zur Erfassung von Umwelteinflüssen aufgebaut und unterhalten werden, liefern die Grundlage synoptischer Aussagen zum Ursachenkomplex neuartiger Waldschäden und Ökosystemstörungen. Als Schwerpunkt wird im Waldzustandsbericht 2002 das Thema Bodenversauerung und Wasserqualität dargestellt. Anhand der Daten der ältesten und am aufwendigsten instrumentierten Stofffluss-Messstation „Conventwald“, die für die Bodenverhältnisse des mittleren und südlichen Schwarzwaldes als repräsentativ angenommen werden kann, wird die Entwicklung der Boden- und Gewässerversauerung seit 1991 aufgezeigt. Sowohl im Boden als auch im Bachwasser sind massive Versauerungstendenzen zu beobachten. Ohne Gegenmaßnahmen wird dies langfristig Auswirkungen auf den Trinkwasserschutz und die Vielfalt der Lebensgemeinschaften in den Gewässern haben.

Der Waldzustandsbericht 2002 Baden-Württemberg ist im Internet unter der Adresse http://www.fva.forst.uni-freiburg.de abrufbar.

VI.2 Bayern

Der Kronenzustand der Laubbäume und der Kiefer hat sich spürbar verbessert. Fichte und Tanne zeigten sich auf unverändertem, besonders bei der Tanne allerdings sehr hohem Niveau. Die mittleren Nadel-/Blattverluste über alle Baumarten blieben gegenüber dem Vorjahr mit 20,1 % (19,7 %) nahezu unverändert. Auffallend dabei zwei gegenläufige Effekte: Viele bisher ungeschädigte Bäume weisen höhere Nadel-/Blattverluste auf, vermutlich aufgrund natürlicher Schwankungen sowie heftiger Gewitter mit Sturm und Hagelschlag. Der Anteil der deutlich geschädigten Bäume (Schadstufen 2 bis 4) hat dagegen von 25 auf 21 % abgenommen.

– Die Fichte befindet sich mit 25 % (26 %) deutlichen Schäden in etwa auf Vorjahresniveau. Sie zeigt seit 1996 einen stetigen Anstieg der mittleren Nadelverluste von 14,3 auf nunmehr 20,4 %, wobei vor allem der Anteil der Bäume ohne Schäden kontinuierlich abnimmt.

– Die deutlichen Schäden bei der Kiefer haben mit 16 % (25 %) spürbar abgenommen.

– Am schlechtesten geht es weiterhin der Tanne: Bei nahezu unverändert 50 % (51 %) deutlichen Schäden erhöhte sich der mittlere Nadelverlust auf 31,4 % (29,7 %).

– Die Buchen weisen dagegen – außer im Alpenraum – eine wieder dichtere Belaubung aus. Die deutlichen Schäden sanken signifikant um 9 Prozentpunkte auf nunmehr 21 %, der mittlere Blattverlust auf 19,8 % (21,7 %).

– Auch die kontinuierliche Verbesserung der Eichen hat sich fortgesetzt. Bei zwar fast unverändertem mittleren Blattverlust von 19,4 % (19,6 %) sanken die deutlichen Schäden dennoch auf 17 % (24 %). Die Eiche zeigt weiterhin ihre Fähigkeit zur Revitalisierung, wenn belastende Einflüsse, vor allem Insektenschäden, wegfallen.

Abbildung 44

Bayern: Langjährige Zeitreihe der Nadel- und Blattverluste bei den Hauptbaumarten



Sowohl die fortgesetzten Immissionen von Luftschadstoffen wie auch ein Klimawandel wirken sich auf die Wälder als langlebige sensible Ökosysteme besonders stark aus. Eine entschlossene und wirksame Minderung der Luftschadstoffe und CO_2-Emissionen ist weiterhin unverzichtbar. Die zentrale forstliche Maßnahme, um die Folgen abzumildern, ist der langfristige Umbau der historisch bedingten Nadelbaumbestände in laubbaumreiche Mischbestände in allen Waldbesitzarten. Unverändert besorgniserregend ist die Situation in den bayerischen Alpen, auch wenn sich einzelne Flächen leicht verbessert zeigen. Die Schutzfunktion des Bergwaldes erfordert weiterhin große Anstrengungen, um diese Funktionen zu erhalten bzw. wieder herzustellen.

Für eine umfassende Gesamtschau des Waldzustands wurden in den Waldzustandsbericht u. a. auch neue Erkenntnisse über Emissionen und Immissionen von Luftschadstoffen, Nährstoffversorgung und Wachstum der Waldbäume, Versauerung und Stickstoffbelastung der Waldböden sowie eine Rückschau auf 25 Jahre Waldschadensforschung eingearbeitet. Der Waldzustandsbericht für Bayern steht mit weiteren Informationen unter www.forst.bayern.de auch im Internet.

VI.3 Berlin

Für die Waldflächen im Land Berlin ist keine Tendenz einer Erholung des Waldzustandes im Beobachtungszeitraum festzustellen. Im Jahr 2002 nahm der Anteil der Schadstufen 2 bis 4 um 5 % auf 24 % ab und entspricht damit wieder etwa dem Niveau von 2000. Mit nur 19 % Flächenanteil der Schadstufe 0 ist der Kronenzustand der Waldbäume Berlins auch im Jahr 2002 nur geringfügig besser als im Vorjahr. Die mittlere Kronenverlichtung über alle Baumarten reduzierte sich gegenüber dem Vorjahr um 2 % auf 22 % und hat damit ebenfalls wieder das Niveau von 2000 erreicht.

Aus der Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung im Jahr 2002 im Vergleich zum Jahr 2001 wird erkennbar, dass es einem Teil der Bäume nicht mehr möglich war, die in den Jahren 2001 und 2002 günstigeren Witterungsbedingungen für eine Kronenzustandsverbesserung zu nutzen. Die geringfügige Zustandsverbesserung im Jahr 2002 wirkt sich weder bei Laub- noch bei Nadelbaumarten in einer generellen Erholung der Waldbäume aus. Vielmehr kann sich nur ein Teil der Bäume – vor allem aus der Altersgruppe bis 60 Jahre – von der Schadstufe 2 zur Schadstufe 1 und 0 regenerieren.

Abbildung 45

Berlin: Entwicklung der Schadstufenanteile für alle Baumarten 1992 bis 2002 in %



Die Baumartenzusammensetzung im Land Berlin ist gegenüber der in Brandenburg und damit in der Gesamtregion durch deutlich geringere Anteile der Nadelbaumarten und einen höheren Anteil von Eichen und anderen Laubbaumarten gekennzeichnet.

– Die Kiefer verzeichnet weniger Schäden als im Vorjahr. Der Anteil der Schadstufe 0 verdoppelte sich auf 18 %. Die Zunahme der Schäden seit 1999 hat sich damit 2002 nicht weiter fortgesetzt. Die mittlere Kronenverlichtung liegt im Jahr 2002 bei 21 % und ist damit 2 % besser als im Vorjahr. Trotzdem ist dieser Kronenzustand in der Zeitreihe seit 1991 das drittschlechteste Ergebnis. Damit ist im Gegensatz zur Entwicklung in Brandenburg bisher keine deutliche Zustandsverbesserung der Kiefern im Stadtgebiet Berlins feststellbar.

– Die wenigen Buchen in der Stichprobe der WSE erlauben keine statistisch vertretbaren Aussagen für das Land Berlin.

– Die Eichen haben mit fast 14 % Flächenanteil in Berlin eine besondere Bedeutung. Der Anteil deutlicher Schäden nahm um 9 Prozentpunkte auf jetzt 35 % ab. Die mittlere Kronenverlichtung ist damit erstmals wieder rückläufig. Die Eiche bleibt jedoch die am stärksten geschädigte Baumart der Wälder in Berlin.

VI.4 Brandenburg

Der Rückgang der Waldschäden in Brandenburg ist seit etwa sechs Jahren zum Stillstand gekommen.

– Gegenüber dem Vorjahr ist der Anteil deutlicher Schäden der Kiefer um 3 Prozentpunkte auf 9 % angestiegen, der Anteil der Kiefern ohne sichtbare Schäden sank um 4 Prozentpunkte auf 49 %. Damit ist die Periode der kontinuierlichen Zustandsverbesserung zunächst beendet und der Zustand der Kiefern wie zuletzt 1996.

Die Laubbaumarten Buche und Eiche lassen in der Zeitreihe keine Tendenz einer Zustandsverbesserung erkennen.

– Im Jahr 2002 sind die deutlichen Schäden der Buche wieder um 5 Prozentpunkte auf 21 % angestiegen. Während die Altersgruppe bis 60 Jahre im Jahr 2002 86 % Flächenanteil in Schadstufe 0 und 14 % in Schadstufe 1 aufweist, ist der Kronenzustand der Altersgruppe über 60 Jahre mit 27 % deutlichen Schäden, 37 % in Schadstufe 1 und 36 % in Schadstufe 0 deutlich schlechter.

Abbildung 46

Brandenburg: Entwicklung der Schadstufenanteile für alle Baumarten

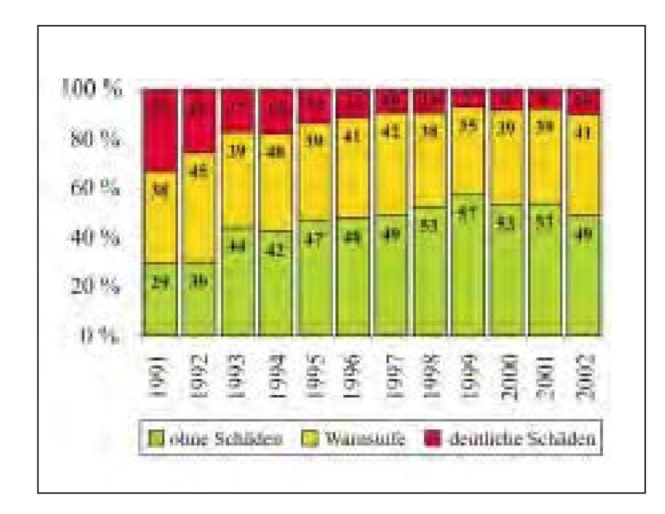
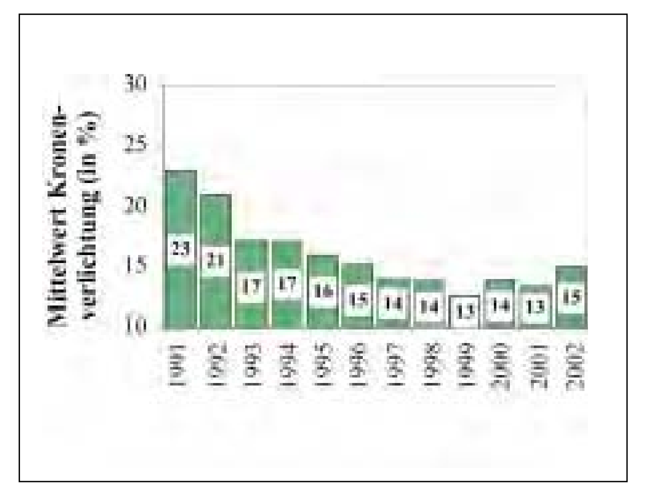


Abbildung 47

Brandenburg: Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung für alle Baumarten



Aufgrund der Überlagerung mit der häufigen Fruktifikation in den Jahren 1992, 1995, 1998, 2000 und 2002 ist eine Trendaussage unsicher.

– Die Eiche war 2001 mit 27 % Flächenanteil deutlicher Schäden die Baumart mit dem höchsten Grad der Kronenverlichtung. Im Gegensatz zur Entwicklung der Buche sind die deutlichen Schäden bei der Eiche um 6 Prozentpunkte auf 21 % gefallen. Damit bleibt das Niveau der Schäden der Eiche in der Zeitreihe relativ konstant auf erhöhtem Niveau, ohne Tendenz zu einer Zustandsverbesserung.

Die Zunahme von Insektenschäden (Nonne) sowie eine erneute Mast bei Buche erklären einen hohen Anteil des aktuellen Anstiegs der Schäden in Brandenburg. Auch die trockene Witterung der Jahre 1999 und 2000 wirkt noch im Kronenzustand vor allem der Kiefern nach. Die Stagnation der deutlichen Schäden auf einem Niveau von ca. 10 % weist aber auf die Andauer merklicher Waldschäden hin.

Für den Zustand der Wälder spielt der historische und aktuelle Schadstoffeintrag in die Ökosysteme eine entscheidende Rolle. Vor allem die Stickstoffeinträge liegen noch großflächig über den kritischen Eintragsraten. Auch erhöhte Ozonbelastungen sind wieder verstärkt in den kritischen Blick der Waldschadensforschung gerückt. Auch bei Ausbleiben akuter Schäden reagieren die Bäume mit der Aktivierung ihrer Abwehrkräfte auf diese Stressbelastung.

Abbildung 48

Brandenburg: Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung der Buchen

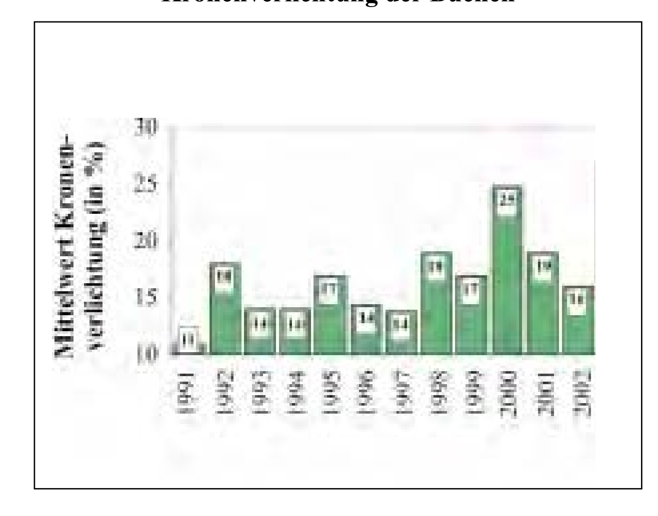
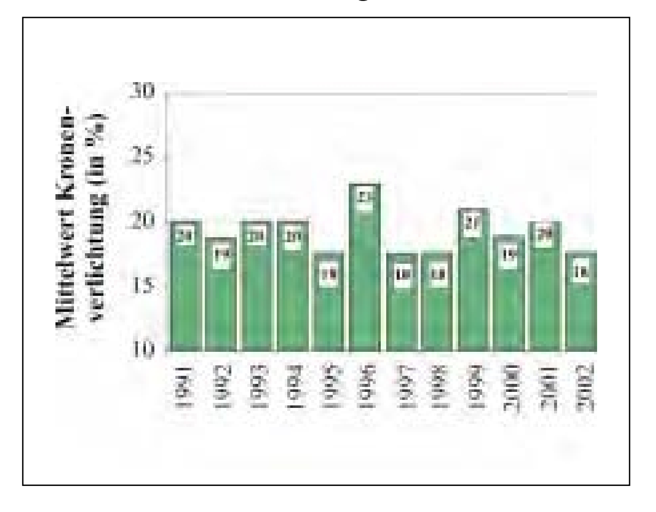


Abbildung 49

Brandenburg: Entwicklung der mittleren Kronenverlichtung der Eichen



Die Witterungsextreme mit Stürmen und Überflutungen im Jahr 2002 haben den Klimawandel erneut in die Schlagzeilen gebracht. Auch die Wälder sind von Veränderungen des Klimas, besonders durch die Zunahme von extremen Witterungsereignissen betroffen.

Die Beobachtung der Waldzustandsentwicklung wird neben der Fortführung der Kontrolle der Wirkungen von Schadstoffbelastungen auf neue Fragestellungen erweitert, wie die Registrierung von Veränderungen durch den Klimawandel, die Kontrolle der Artenvielfalt und die Untersuchung des Beitrages der Wälder zur Kohlenstoffspeicherung im Kioto-Prozess.

Die umweltpolitischen Beiträge des Landes zur Reduzierung der Schadstoffbelastung und zum Klimaschutz werden durch forstwirtschaftliche Maßnahmen zur ökologischen Waldentwicklung durch standortgerechte, naturnahe Waldwirtschaft ergänzt, um nachhaltig multifunktionale, stabile und leistungsfähige Wälder zu erhalten.

VI.5 Bremen

Die diesjährige Vitalitätserhebung für die Waldflächen im Bundesland Bremen ergab folgende Schadstufenbesetzung:

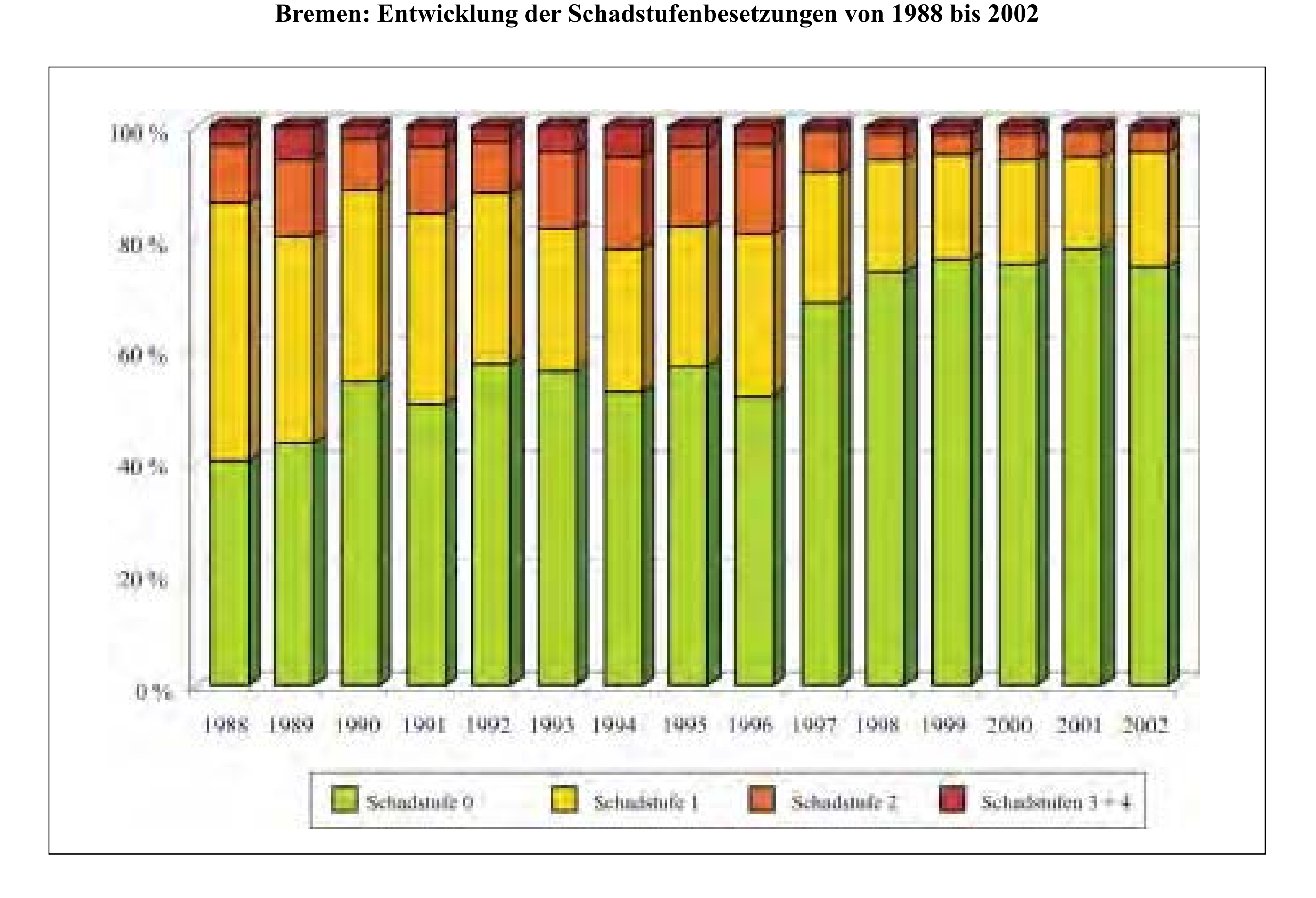
74,2 %	Schadstufe 0 (gesund)
20,5 %	Schadstufe 1 (geringe Blattverluste)
3,9 %	Schadstufe 2 (mittlere Blattverluste)
0,7 %	Schadstufe 3 (starke Blattverluste)
0,6 %	Schadstufe 4 (absterbende bzw. abgestorbene Bäume).

Das Gesamtergebnis für das Jahr 2002 ist im Vergleich mit den Ergebnissen aus den Vorjahren als günstig zu bezeichnen, auch wenn es nicht ganz dem noch besseren Vorjahresergebnis entspricht. Zurückzuführen ist das günstige Ergebnis auf die hohen Niederschläge in der ersten Jahreshälfte. Die Schadstufen 2 bis 4 sind wie in den Jahren zuvor ohne größere Bedeutung und entsprechen den Werten der Vorjahre. Die Dynamik der Vitalitätsentwicklung ist somit im Wesentlichen auf die Schadstufen 0 und 1 beschränkt.

Zwischen den Baumarten gibt es erhebliche Unterschiede. Diese beziehen sich sowohl auf das Niveau der Schadstufenbesetzung als auch dessen Dynamik, wie der Vergleich mit dem Vorjahr erkennen lässt. Nahezu vollständig gesund waren die sonstigen Laub- und Nadelbäume. Drastisch hingegen ist die Entwicklung der Kiefer, die aufgrund der diesjährigen guten Blüte und vor allem wegen Pilzbefalls (Kiefernschütte) einen Rückgang der gesunden Bäume von 60 auf 40 % zu verzeichnen hat. Auch bei der Buche ist

Abbildung 50

Bremen: Entwicklung der Schadstufenbesetzungen von 1988 bis 2002



fruktifikationsbedingt der Anteil gesunder Bäume leicht zurückgegangen. Dieser Anteil liegt bei 50 %. Die Eiche profitierte uneingeschränkt von den hohen Niederschlägen und hat in diesem Jahr fast 70 % gesunde Bäume.

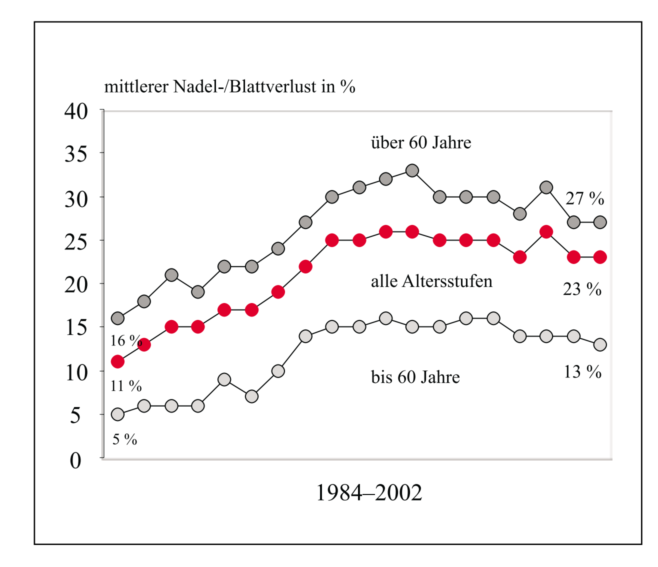
Die unterschiedlichen Stichprobenzusammensetzungen ergeben Unterschiede zwischen den Gebietsstraten und den Altersstraten. Bei den Gebieten schneiden die Aufforstungsflächen am günstigsten ab, weil hier ausschließlich sehr junge Bäume untersucht worden sind. Der Bereich Bremen Nord hat eine ungünstigere Schadstufenbesetzung als das Gebiet Bremerhaven, weil in Bremerhaven Weich- und Edellaubhölzer in der Stichprobe überwiegen. Auch der Vergleich zwischen jungen und alten Bäumen ist nur beschränkt sinnvoll, weil bei den über 60-jährigen Bäumen Eiche, Buche und Kiefer prozentual häufiger vertreten sind. Alle drei Baumarten sind traditionell stärker geschädigt als die im Stratum der bis 60-jährigen Bäume stark vertretenen Edellaubbäume und Weichlaubhölzer.

VI.6 Hessen

Mit 23 % mittlerer Kronenverlichtung verbleibt der Kronenzustand hessischer Wälder im Jahr 2002 auf dem Niveau des Vorjahres. Nach einer Verdoppelung der mittleren Kronenverlichtung zwischen 1984 (11 %) und 1992 (23 %) ist seit Anfang der 90er-Jahre in Hessen eine Stagnation der Situation festzustellen.

Abbildung 51

Hessen: Mittlerer Nadel-/Blattverlust in % – alle Baumarten



Die Baumarten im Einzelnen:

– Bei der älteren Buche hat sich die mittlere Kronenverlichtung von 27 % (2001) auf 29 % (2002) erhöht. Die jüngere Buche hat sich von 10 % (2001) auf 9 % (2002) verbessert. Im Jahr 2002 haben wie bereits im Jahr 2000 und 1992 90 % aller beobachteten Buchen in Hessen fruktifiziert.

– Der Kronenzustand der älteren Eichen hat sich im Vergleich zum Vorjahr erheblich verbessert (2001: 27 %, 2002: 21 %). Auch die jüngere Eiche zeigt im Vergleich zum Vorjahr (16 %) einen deutlich günstigeren Kronenzustand (2002: 13 %).

– Bei der älteren Fichte hat sich die mittlere Kronenverlichtung im Vergleich zum Vorjahr geringfügig von 28 % (2001) auf 27 % (2002) verbessert. Für die jüngere Fichte liegt das Niveau der mittleren Kronenverlichtung auf dem Niveau des Vorjahres (13 %).

– Der Kronenzustand der älteren Kiefer verbleibt mit einem Wert von 27 % im Vergleich zum Vorjahr unverändert. Bei der jüngeren Kiefer hat sich die mittlere Kronenverlichtung von 21 % (2001) auf 19 % verbessert.

Regional bedeutsam bleiben starke Kronenschäden in der Rhein-Main-Ebene. Seit 1984 liegen hier vor allem bei den jüngeren Bäumen die durchschnittlichen Kronenverlichtungen deutlich höher als im Land Hessen. Im Jahr 2002 erreicht die mittlere Kronenverlichtung bei den jüngeren Bäumen in der Rhein-Main-Ebene den Wert des Vorjahres (18 %). Während sich 2002 in Gesamthessen der Kronenzustand der älteren Eiche erheblich verbessert hat, stagnieren die Schäden in der Rhein-Main-Ebene auf hohem Niveau (2001: 36 %, 2002: 37 %).

Die Waldschadenserhebung 2002 wurde in Hessen auf dem repräsentativen 8 x 8 km-Dauerbeobachtungsnetz durchgeführt. In der Rhein-Main-Ebene wurden aufgrund der hier angespannten Waldzustandssituation wie seit 1994 alle Bäume des 4 x 4 km-Vollerhebungsnetzes erfasst.

VI.7 Mecklenburg-Vorpommern

Die wachstumsfördernde günstige Witterungskonstellation mit durchgehend überdurchschnittlichen Niederschlägen und Temperaturen seit dem Winter 2001/02 führte in Verbindung mit der im Lande zurückgegangenen Luftschadstoffbelastung in diesem Jahr zu einer relativ unproblematischen Waldschadenssituation. So lagen die deutlichen Schäden mit einer Gesamtquote von 9,9 % um 5,9 Prozentpunkte unter dem Wert von 2001. Die durchschnittliche Kronenverlichtung aller Bäume in der Stichprobe betrug 15 gegenüber 16 % in den beiden Vorjahren. Der Anteil starker Schäden verringerte sich um 0,4 Prozentpunkte, und jener der abgestorbenen Bäume blieb unverändert bei 0,1 %. Die mittleren Schäden nahmen um 5,5 Prozentpunkte ab, während gleichzeitig die schwachen Schäden um 3,9 Prozentpunkte anstiegen. Keine Schadensmerkmale zeigten schließlich 46,2 % aller Stichproben-Bäume.

Abbildung 52

Mecklenburg-Vorpommern: Entwicklung der Schadstufenanteile 1991 bis 2002

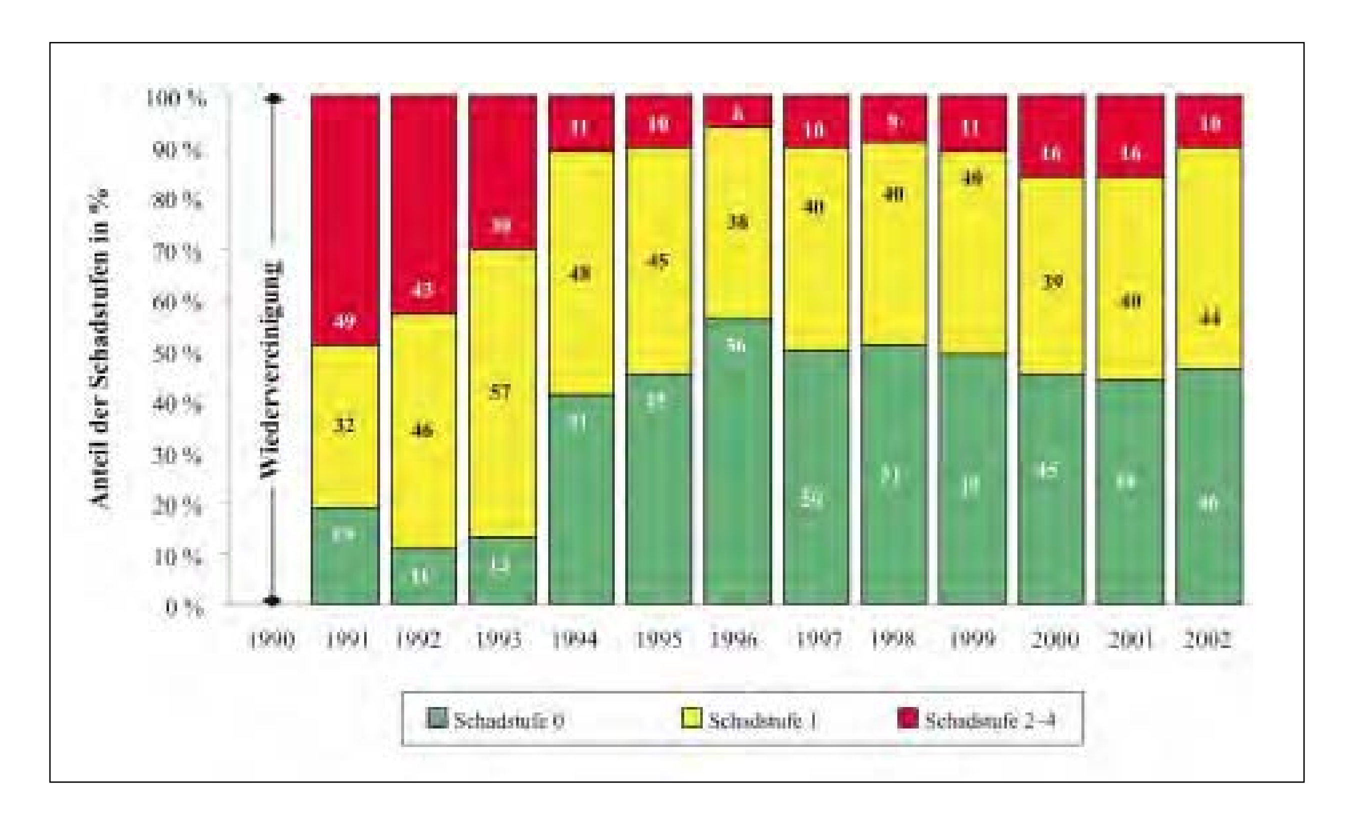
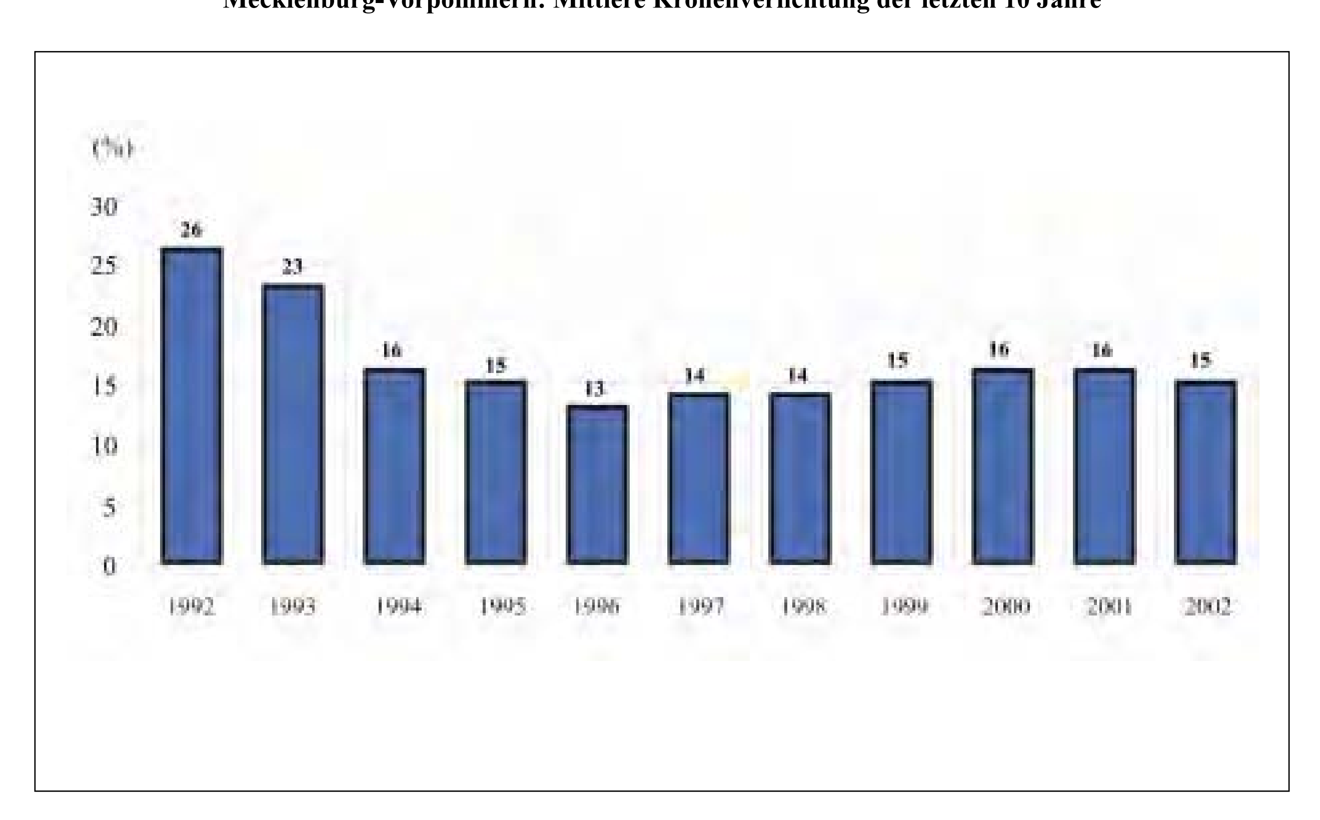


Abbildung 53

Mecklenburg-Vorpommern: Mittlere Kronenverlichtung der letzten 10 Jahre



Das Schadensverhältnis zwischen Laub- und Nadelbäumen ist 2002 wieder spürbar weiter geworden, indem die Laubbäume nunmehr fast doppelt so häufig deutliche Schäden aufweisen. Wie schon in den vergangenen Jahren waren bei allen sechs Baumartengruppen die über 60-jährigen Bäume wesentlich stärker geschädigt als die jüngeren. Im Vergleich zum Vorjahresergebnis verzeichneten die Fichte und Eiche den auffallendsten Rückgang deutlicher Schäden, nämlich um 14 bzw. 18 Prozentpunkte. Aber auch der Kronenzustand von Kiefer und Buche verbesserte sich merklich. Dagegen verbuchten die „sonstigen Nadel- und Laubbäume“ keinerlei Schadquotenveränderung gegenüber 2001.

Biotische Faktoren waren 2002 noch seltener als im Vorjahr am allgemeinen Schadgeschehen beteiligt. Die Gesamtquote aller von biotischen Schaderregern betroffenen Stichprobenbäume lag bei lediglich 7 %, was die niedrigste Schadensbeteiligung seit 1995 bedeutet. Weitgehend entspannt stellt sich entsprechend auch die aktuelle Waldschutzsituation im Lande dar. Allerdings kam es lokal zu Absterbeerscheinungen an Laubbäumen aufgrund von standortsbedingten Wasserüberschüssen. Ebenso traten durch aufgeweichte Waldböden in Nadelholzbeständen vermehrt Sturmwürfe auf, außerdem Schneebruch in Nassschneelagen. Die zur Entwicklung von Schadinsekten ungünstigen Witterungsbedingungen führten zu einem weiteren Rückgang der Fraßschäden an Laub- und Nadelbäumen. Ähnliches gilt für Pilzerkrankungen, die ein rückläufiges Befallsgeschehen erkennen lassen. Desgleichen verringerten sich die Nageschäden in Laubholzkulturen durch Kurzschwanzmäuse, die witterungsbedingt anderweitige natürliche Nahrungspflanzen vorfanden. Das Waldbrandgeschehen schließlich ist dank der reichlichen Niederschläge auf einen Tiefststand im langjährigen Vergleich zurückgegangen.

Nennenswerten Fruchtbehang trugen im laufenden Jahr nur die Kiefer und Buche, wobei Letztere im Vergleich zur Vollmast vor zwei Jahren lediglich eine Sprengmast aufwies. Am seltensten fruktifizierte in 2002 die Eiche, die nun schon im neunten Jahr in Folge ohne größere Mastintensität blieb.

Die seit 1986 betriebenen Untersuchungen auf dem Bodendauerbeobachtungsflächen-Forst des Landes lieferten aussagekräftige Erkenntnisse über die Entwicklung des Säure-, Basen- und Stickstoffstatus anhydromorpher Waldböden sowie über die Veränderung des Ernährungszustandes von Kiefern- und Buchenbeständen auf diesen Standorten während des bisherigen Bewertungszeitraums. Nähere Einzelheiten hierzu können dem ausführlichen Waldzustandsbericht 2002 für Mecklenburg-Vorpommern entnommen werden (im Internet unter www.wald-mv.de).

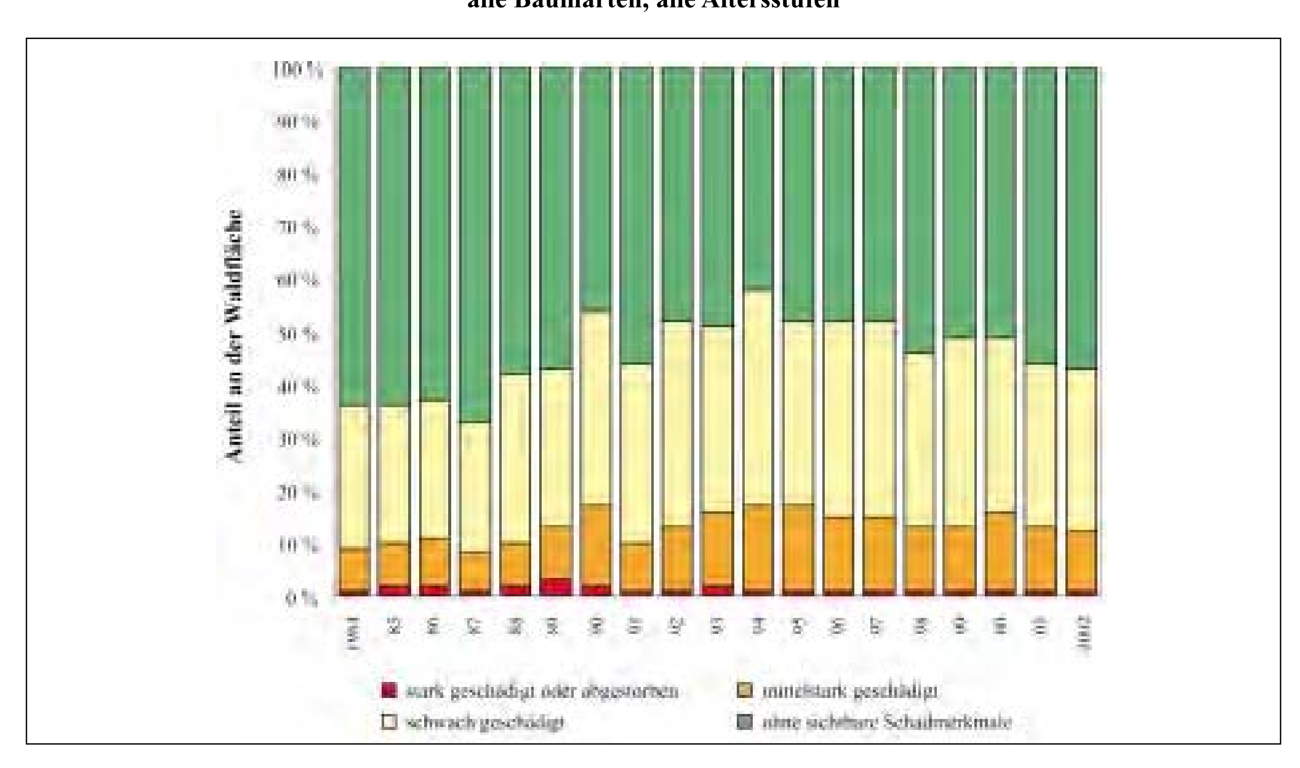
VI.8 Niedersachsen

Gesamtbetrachtung des Waldzustandes 2002 in Niedersachsen

Die Waldzustandserhebung 2002 in Niedersachsen weist im Gesamtergebnis über alle Baumarten und Alter 57 % der Waldfläche ohne Schäden, 31 % mit schwachen Schäden und 12 % mit deutlichen Schäden aus (Abbildung 54). Insgesamt hat sich der Kronenzustand der Waldbäume gegenüber dem Vorjahr leicht verbessert. Datengrundlage ist die Erhebung im 4 x 4 km-Raster.

Abbildung 54

Niedersachsen: Waldzustandserhebungen 1984 bis 2002: Entwicklung des Kronenzustandes, alle Baumarten, alle Altersstufen



Nadel- und Blattvergilbungen sind in den letzten Jahren nur in geringem Umfang aufgetreten. Der Schadverlauf wird daher im Wesentlichen durch die Entwicklung der Kronenverlichtung geprägt.

Waldzustand 2002 nach Alter und Baumarten

Die Ergebnisse der Waldzustandserhebung seit 1984 zeigen, dass ältere Waldbestände im Mittel stärker geschädigt sind als jüngere. Dieser Alterstrend tritt besonders stark bei Buche, Eiche und Fichte auf. Der Anteil deutlicher Schäden bei den jüngeren (bis 60-jährigen) Beständen liegt bei den Hauptbaumarten in diesem Jahr zwischen 0 und 3 %. In der Altersgruppe über 60 Jahre wurden 25 % der Waldfläche als deutlich geschädigt eingestuft. Dies bedeutet einen Rückgang um 2 % gegenüber dem Vorjahresergebnis. Abbildung 55 gibt einen Überblick über die Entwicklung der Schadstufenanteile für die Hauptbaumarten (Alter über 60 Jahre).

Ein merklicher Rückgang der Schäden wurde in diesem Jahr bei der Eiche festgestellt. Der Flächenanteil deutlicher Schäden ging um 9 % zurück. Trotz dieser positiven Entwicklung ist die Eiche weiterhin die am stärksten geschädigte Baumart in Niedersachsen.

Für Kiefer, Fichte und Buche gingen die Schadwerte ebenfalls zurück. Alle drei Baumarten wiesen im Vergleich zum Vorjahr einen um 3 % verringerten Flächenanteil deutlicher Schäden auf.

– Der Flächenanteil deutlicher Schäden beträgt im Jahr 2002 bei der älteren Fichte 34 %,

– bei der älteren Kiefer 11 %,

– bei der älteren Buche 32 %,

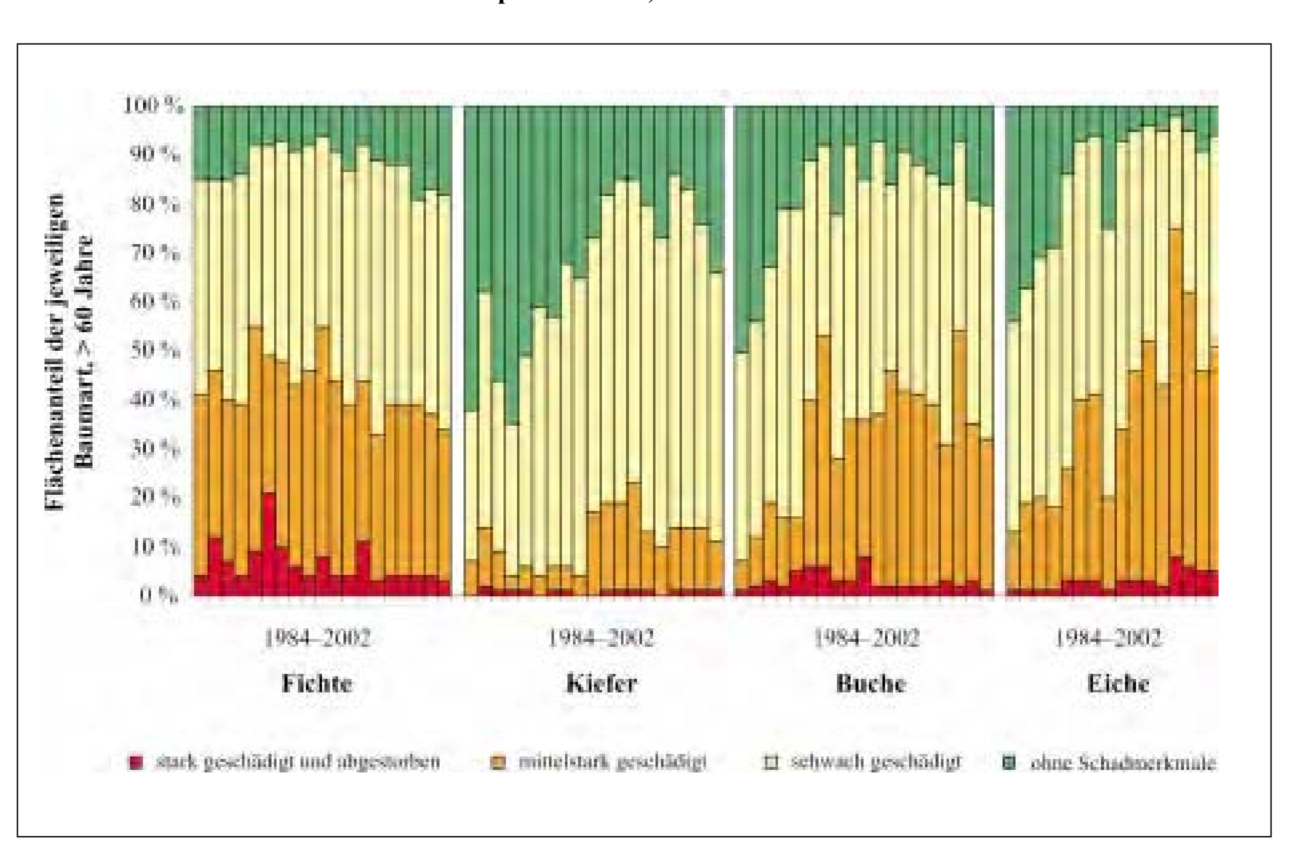
– bei der älteren Eiche 42 %.

Für die Fichte ist im 19-jährigen Zeitverlauf der Waldzustandserhebung insgesamt eine leichte Verbesserung festzustellen. Die Kiefer zeigt unter den Hauptbaumarten den günstigsten Kronenverlichtungsgrad, das aktuelle Schadniveau ist gegenüber den Werten der 80er-Jahre aber etwas erhöht. Bei der Buche und der Eiche sind die Schäden im 19-jährigen Erhebungszeitraum stark angestiegen. Der Anteil deutlicher Schäden liegt – die aktuelle Erholung bereits eingerechnet – mehr als dreimal so hoch wie im Ausgangsjahr 1984.

Ein Viertel der älteren Waldbestände in Niedersachsen weist deutliche Kronenschäden auf und ist daher in Belastungssituationen stärker gefährdet.

Abbildung 55

Niedersachsen: Waldzustandserhebungen 1984 bis 2002: Entwicklung des Kronenzustandes bei den Hauptbaumarten, Bestände über 60 Jahre



Der diesjährige Witterungsverlauf mit einem milden Winter, mit Temperaturen über dem vieljährigen Mittel und hohen Niederschlagssummen vor und während der Vegetationsperiode hat gute Voraussetzungen für die Kronenentwicklung und das Wachstum der Waldbäume geschaffen.

Allgemein hat die warm-feuchte Witterung die Entwicklung von Pilzen begünstigt. Dies hatte nur geringe Auswirkungen auf die Nadel- und Blattentwicklung der Hauptbaumarten, bei der Birke allerdings kam es in diesem Sommer zu erhöhten Kronenverlichtungswerten und einem frühen Blattabfall durch die Besiedlung mit Pilzen.

Schäden durch Insektenfraß spielten für die Kiefer, Fichte und Eiche im Stichprobenkollektiv nur eine untergeordnete Rolle und wirkten sich nur geringfügig auf die Ergebnisse der diesjährigen Waldzustandserhebung aus. Bei der Buche dagegen führte der Befall durch den Buchenspringrüssler häufig zur Ausbildung von Blattnekrosen und hat dadurch den Kronenzustand der Buche beeinträchtigt.

Die Fruktifikation ist wegen der Anlage von Blütenknospen und der physiologischen Belastung bei der Ausbildung der Früchte eine wichtige Einflussgröße für die Trieblänge und die Blattentwicklung der Waldbäume. In diesem Jahr haben die Buchen, Eichen und Kiefern in nennenswertem Umfang geblüht und gefruchtet. Diese Belastung hat – vor allem bei der Buche – die Tendenz zur Verbesserung der Belaubungsdichte abgeschwächt.

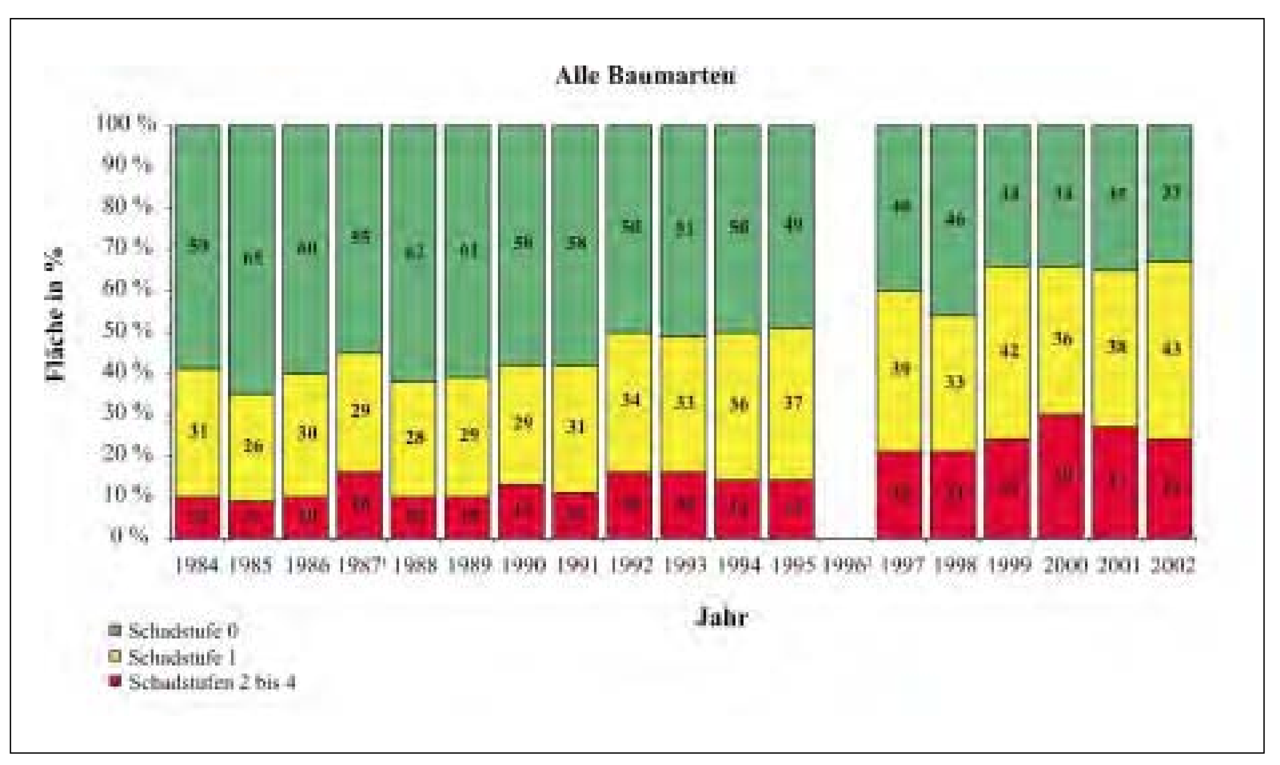
Der Waldzustandsbericht 2002 für Niedersachsen kann im Internet unter http://www.forstnds.de und http://www.nfv.gwdg.de abgerufen werden. Der Bericht 2002 enthält neben den Ergebnissen der Waldzustandserhebung Beiträge zum Forstlichen Umweltmonitoring in Niedersachsen, zur Biodiversität und zur Waldkalkung.

VI.9 Nordrhein-Westfalen

Wie in den vergangenen Jahren ist in Nordrhein-Westfalen das Raster 4 x 4 km bearbeitet worden. Die Ergebnisse zeigen, dass sich der Kronenzustand der Wälder gegenüber dem Vorjahr insgesamt verbessert hat. Die deutlichen Schäden sind um 3 Prozentpunkte auf 24 % zurückgegangen. Allerdings ist auch der Anteil der Stufe 0 gesunken, und zwar um 2 Prozentpunkte. Die Übergangs-Schadstufe 1 ist um 5 Prozentpunkte auf 43 % angewachsen. Im Jahr 2000 hatten die Schäden den bislang höchsten Stand erreicht (Abbildung 56). Zunächst in 2001 und nun erneut in 2002 haben sie wieder abgenommen. Das bedeutet aber noch nicht, dass sich die Situation nachhaltig entspannt hätte. Das Schadensniveau ist weiterhin hoch.

Abbildung 56

Nordrhein-Westfalen: Entwicklung der Waldschäden von 1984 bis 2002 in % – alle Baumarten



[1] Nur bedingt mit dem Vorjahr vergleichbar.

[2] Erhebung nur im 16 x 16 km-Netz, daher kein Landesergebnis.

– Bei der Fichte sind die deutlichen Schäden um 4 Prozentpunkte auf 19 % gesunken. Besser benadelt sind aber nur die 60- bis 120-jährigen Bäume; bei allen anderen sind mehr oder weniger stark ausgeprägte Verschlechterungen zu verzeichnen. Insbesondere die über 120-jährigen Fichten sind stärker verlichtet als im Vorjahr. Im Durchschnitt liegt der Nadelverlust dieser Baumart wie im vergangenen Jahr bei rd. 18 %. Nach dem Schadenssprung im Jahre 2000 und einer nahezu unveränderten Situation im Folgejahr ist jetzt eine gewisse Entspannung eingetreten. Von einer generellen Erholung kann man aber nicht sprechen.

– Die Kiefer hat sich klar verbessert. Die deutlichen Schäden sind von 20 auf 15 % zurückgegangen. Aber auch hier haben sich nicht alle Altersklassen gleich entwickelt. Im Gegensatz zur Fichte haben sich bei der Kiefer die jüngeren, bis 60 Jahre alten Bestände regeneriert. Im Vorjahr waren 25 % dieser Bäume deutlich geschädigt; dieses Jahr sind es nur noch 10 %. Allerdings muss einschränkend gesagt werden, dass die Ergebnisdaten zu den jüngeren Kiefern mit einem hohen statistischen Fehler behaftet sind, da nur rd. 270 Exemplare angesprochen worden sind. Bei den älteren Bäumen ist sogar eine tendenzielle Verschlechterung festzustellen. Die Gründe für die beschriebenen Unterschiede sind nicht bekannt.

– Der Kronenzustand der Buche hat sich kaum verändert. Die deutlichen Schäden sind um 1 Prozentpunkt auf 37 % gesunken. Die Stufe 1 ist von 39 auf 40 % angestiegen. Bedeutsam ist lediglich eine leichte Verschiebung von der Stufe 0 in die Stufe 1 bei den jüngeren Bäumen. Bei der Baumart Buche hat es im Jahre 2000 einen noch größeren Schadenssprung als bei der Fichte gegeben. Zu diesem Zeitpunkt waren die deutlichen Schäden auf den bisherigen Höchststand von 52 % geklettert. Bezogen auf die damalige Situation ist der Kronenzustand heute wesentlich besser. Dennoch ist das Schadensniveau immer noch sehr hoch. Gegenwärtig ist die Buche wieder die mit Abstand am stärksten geschädigte Hauptbaumart Nordrhein-Westfalens.

– Die Schäden an der Eiche sind erheblich zurückgegangen. Der Anteil der Schadstufen 2 bis 4 ist um 14 Prozentpunkte auf 29 % gefallen. Dieser Verringerung steht eine Zunahme von 10 Prozentpunkten in der Stufe 1 und von 4 Prozentpunkten in der Stufe 0 gegenüber. Erholt haben sich aber nur die über 60-jährigen Bäume. Maßgebliche Ursache für die Verbesserung dürfte der günstige Witterungsverlauf gewesen sein. Die Fraßschäden durch Eichenwickler- und Frostspannerraupen haben nicht nachgelassen; sie sind sogar noch geringfügig höher gewesen als im Vorjahr.

VI.10 Rheinland-Pfalz

Der Kronenzustand der Waldbäume in Rheinland-Pfalz hat sich im Jahr 2002 gegenüber dem Vorjahr verschlechtert. Einem Anstieg des Anteils der Probebäume mit deutlichen Kronenschäden um 3 Prozentpunkte auf jetzt 24 % steht eine entsprechende Verringerung des Anteils von Probebäumen ohne sichtbare Schadmerkmale gegenüber.

– Die Fichte zeigt seit dem Beginn der Erhebungen eine langsame, aber kontinuierliche Verschlechterung des Kronenzustandes. Von 2001 auf 2002 ist der Anteil deutlich geschädigter Fichten um 5 Prozentpunkte auf 19 % angestiegen. Die Zunahme der Kronenschäden steht vermutlich mit der seit Ende der 80er-Jahre zu verzeichnenden Häufung trocken-warmer Vegetationszeiten, gekoppelt mit hohen Ozonkonzentrationen, und einer erhöhten Trockenstressdisposition infolge von Bodenversauerung und Stickstoffanreicherung in Zusammenhang.

– Bei der Kiefer ist die Schadsituation mit 11 % deutlich geschädigter Probebäume gegenüber dem Vorjahr nahezu unverändert. Das vergleichsweise niedrige Schadniveau der Kiefer lässt sich wohl im Wesentlichen mit ihrer Anpassung an bodensaure und nährstoffarme Verhältnisse und ihrer hohen Trockenstressresistenz erklären.

– Bei der Buche hat der Anteil deutlich geschädigter Probebäume mit 51 % einen neuen Höchststand erreicht. Der aktuelle Schadensprung wurde im Wesentlichen durch die überaus starke Fruktifikation in diesem Jahr ausgelöst. Die langfristige Verschlechterung des Kronenzustandes der Buche wird offenbar durch das Zusammenwirken einer Häufung von trockenwarmen Vegetationszeiten mit hohen Ozonkonzentrationen bei erhöhter Trockenstressempfindlichkeit und häufiger starker Fruktifikation beeinflusst.

– Die Eiche zeigt eine merkliche Verbesserung des Kronenzustandes. Der Anteil deutlich geschädigter Probebäume ist um 8 Prozentpunkte auf jetzt 27 % gesunken. Die aktuelle Erholung der Eiche ist mit dem mehrjährigen Ausbleiben zusätzlicher Stressfaktoren, wie Raupenfraß oder Mehltaubefall, zu erklären.

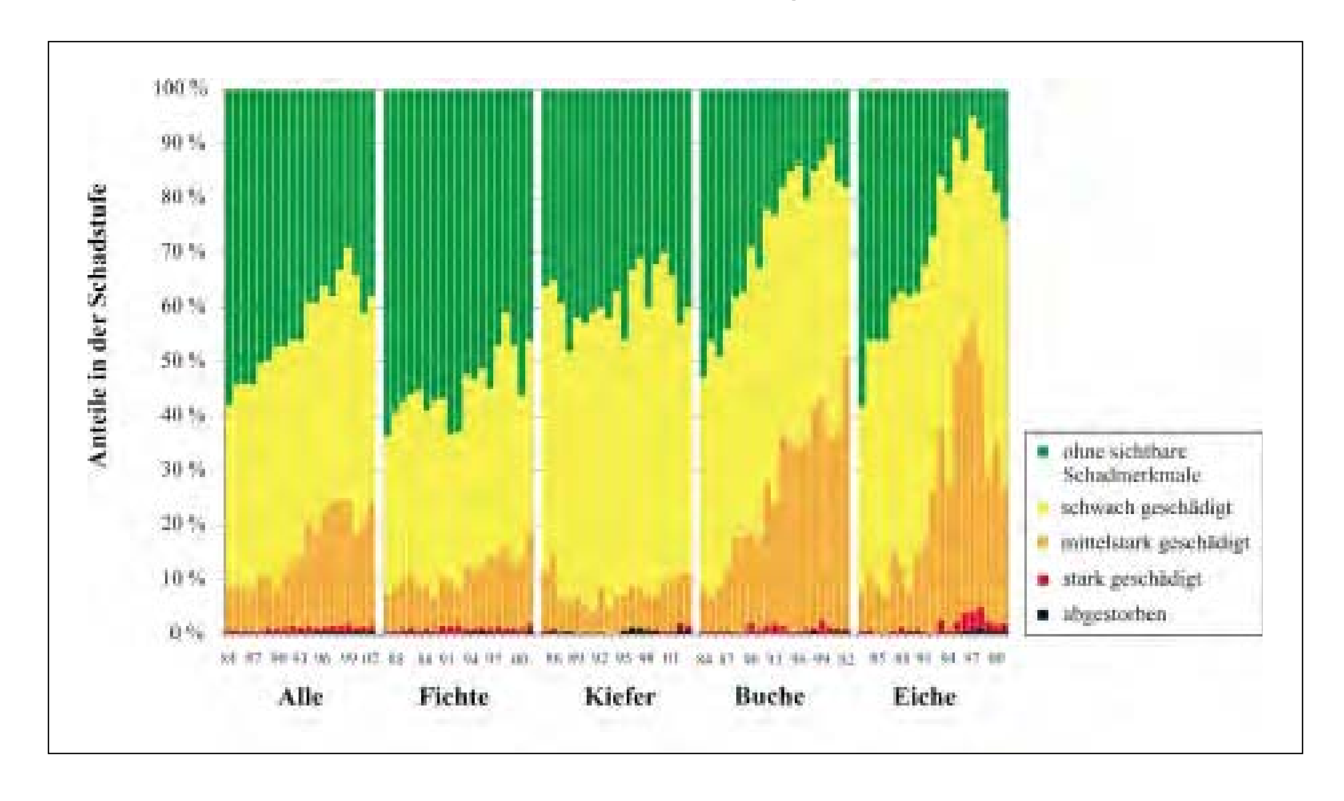
Die durchgreifenden Luftreinhaltemaßnahmen der letzten Jahre haben zu einem deutlichen Rückgang der Luftschadstoffbelastung, insbesondere der Schwefel- und Schwermetalleinträge, geführt. Dennoch überschreiten in Rheinland-Pfalz die aktuellen Säure- und Stickstoffeintragsraten sowie die Ozonkonzentrationen meist noch sehr deutlich die ökosystemverträglichen Schwellenwerte. Die Schlüsselrolle der Waldökosystembelastung kommt gegenwärtig den Stickstoffverbindungen zu. Da Bodenversauerung und Stickstoff-Eutrophierung fundamentale Waldfunktionen beeinträchtigen, gibt es zu einer weiteren erheblichen Verringerung des Ausstoßes waldschädigender Luftschadstoffe keine Alternative.

Der Waldzustandsbericht für Rheinland-Pfalz 2002 kann im Internet http://www.uni-kl.de/FVA/ abgerufen oder beim Ministerium für Umwelt und Forsten, Kaiser-Friedrich-Straße 7 in 55116 Mainz, angefordert werden.

Abbildung 57



Rheinland-Pfalz: Schadentwicklung 1984 bis 2002



VI.11 Saarland

Level I: Ergebnisse der Waldschadenserhebung

– Gesamtergebnis seit 2001 unverändert: Im Jahr 2002 halten sich die äußerlich erkennbaren Waldschäden auf dem Stand des Vorjahres. Etwa die Hälfte der Waldfläche ist geschädigt. Jeder zehnte Baum weist deutliche Schäden auf.

– Rückgang der deutlichen Schäden seit 1995: Mitte der 90er-Jahre lag der Anteil der deutlichen Schäden mit 23 % doppelt so hoch wie heute (11 %). In der langjährigen Beobachtungsreihe wird dabei vor allem eine Verschiebung von den deutlichen zu den schwachen Schäden erkennbar. Die schwachen Schäden nehmen im gleichen Zeitraum tendenziell zu, der Anteil ungeschädigter Bäume bleibt bei einigen Schwankungen seit 1993 auf dem gleichen Niveau.

Entwicklung der Waldschäden im Saarland von 2000 auf 2002 im Überblick
(Anteile der Schadstufen 2 bis 4 in %)

	2001	**2002**
Gesamtschäden	*48 %*	*48 %*
deutliche Schäden	*11 %*	*11 %*
Buche	*23 %*	*26 %*
Eiche	*8 %*	*5 %*
Kiefer	*10 %*	*9 %*
Fichte	*9 %*	*7 %*
deutliche Schäden in älteren Beständen	*21 %*	*20 %*
deutliche Schäden in jüngeren Beständen	*3 %*	*3 %*

– 2002 erneute Schadenszunahme bei der Buche: Die Buche bleibt mit einem Anteil deutlicher Schäden von 27 % die am stärksten geschädigte Hauptbaumart, gefolgt von Kiefer (9 %), Fichte (7 %) und Eiche (5 %). Dabei sind die deutlichen Schäden bei der Buche in diesem Jahr erstmals wieder gestiegen (+ 3 Prozentpunkte), bei Fichte, Kiefer und Eiche leicht zurückgegangen.

– Schadensschwerpunkt in den Altbeständen: Besonders betroffen sind ältere Bestände: Bei den über 60-jährigen Bäumen liegen die deutlichen Schäden mit 20 % ca. 7-mal höher als in Jungbeständen (3 %). Der Anteil deutlich geschädigter Bäume in älteren Buchenbeständen steigt auf 43 %.

– Trockenheit im Frühsommer: Günstige Witterungsbedingungen mit reichlichen Niederschlägen haben sich in den letzen Jahren günstig auf die Vitalität des Waldes ausgewirkt. In 2002 gab es im Saarland eine Trockenperiode im Frühsommer, die auf den meisten Standorten zu Trockenstress führte.

– Fruktifikation und Vergilbung: Vor allem Buchen zeigen in diesem Jahr starken Fruchtansatz, was zu einer zusätzlichen Belastung des Nährstoff- und Wasserhaushaltes und Verminderung der Vitalität führte.

– Insekten- und Pilzbefall: Insekten- und Pilzbefall hatten 2002 keinen Einfluss auf das Gesamtergebnis der Waldschadenserhebung.

Level II: Ergebnisse der Stoffhaushaltsuntersuchungen

– Belastungssituation der saarländischen Wälder: Die Einträge an Sulfatschwefel sind auf allen Dauerbeobachtungsflächen seit 1990 weiter rückläufig, die Belastungen durch den Gesamtstickstoffeintrag (Emissionen aus Kraftfahrzeugen und Landwirtschaft) zeigen im Vergleich zu den Vorjahren einen leichten Abnahmetrend, sind aber immer noch wesentlich zu hoch. Die Bestände werden durch Stickstoff weiterhin überdüngt.

– Bodenversauerung: Die Zeitreihenuntersuchungen der Bodenfestphase und der Bodenlösungen zeigen seit 1990 eine fortschreitende Versauerungsdynamik. In der Bodenlösung hat sich seit 1990 auf vielen Waldstandorten der Säuregehalt fast verzehnfacht.

  Aktuell hat sich im Vergleich zu dem vorausgegangenen Jahr der pH-Wert der Bodenlösungen nicht verschlechtert. Daraus darf allerdings nicht geschlossen werden, dass die Entwicklung der Bodenversauerung zum Stillstand gekommen ist. Auf den meisten Dauerbeobachtungsflächen haben die Bodenlösungen den so genannten Aluminium-Pufferbereich (pH 4,2 bis 3,8) erreicht, dessen Säureneutralisationsvermögen in Abhängigkeit der Belastungssituation den pH-Wert über einen entsprechenden Zeitraum in diesem Niveau halten werden.

– Rückgang der Nährstoffgehalte in den Bodenlösungen: Die Konzentrationen der Nährelemente Calcium, Magnesium und Kalium (Basen) sind in den letzten Jahren in den Bodenlösungen als Reaktion auf die fortgesetzten Versauerungsprozesse z. T. drastisch zurückgegangen und halten sich für das Messjahr 2001 auf dem Niveau des Vorjahres. Dieser Rückgang der Basen bedeutet eine Nährstoffverarmung, die auf besonders labilen, d. h. von Natur aus armen oder auch bereits stark versauerten Böden zu Mangelerscheinungen und Nährstoffungleichgewichten mit entsprechenden Auswirkungen (Schäden) auf die Bestockungen führen kann.

  In den 80er- und 90er-Jahren wurden im Saarland Kompensationskalkungen durchgeführt. Ziel war es, durch die Anhebung des pH-Wertes aufgrund der puffernden Wirkung des Kalkes die eingetragenen Säuren abzufangen und einer weiteren Zerstörung des Waldbodens (d. h. einer weiteren Auswaschung von Ca und Mg) entgegenzuwirken. Zurzeit laufen Untersuchungen über die Auswirkungen durchgeführter Kompensationskalkungen im nördlichen Saarland.

– Risiken für Oberflächen- und Grundwässer: Die Konzentrationen von Aluminium und Mangan im Sickerwasser unter Wald liegen weiterhin in Größenordnungen, die für Grundwasser und Oberflächengewässer ein potenziell hohes Risiko darstellen. Im Frühjahr 2002 konnte ein Fischsterben in einem Weiher bei Furpach/Neunkirchen nur durch eine sofortige Kalkung des Gewässers vermieden werden.

– Absicherung nachhaltiger Holznutzung durch Nährstoffbilanzen: Der Grundsatz der Nachhaltigkeit in der Waldwirtschaft bezieht sich auch auf die Waldstandorte. Die forstliche Nutzung der Wälder muss der versauerungsbedingt immer knapperen Nährstoffversorgung Rechnung tragen. Nährstoffbilanzen werden dabei als Steuerungsinstrument eine wichtige Rolle spielen. Über die Holzernte werden dem Boden Nährstoffe entzogen, über die Zersetzung von nicht genutztem Holz und Rinde werden die darin enthaltenen Nährstoffe dem Boden wieder zugeführt. Bewirtschaftung und Basenrückführung widersprechen sich dabei nicht. So könnten z. B. bei einer Erst- oder Zweitdurchforstung zum Ausgleich der Nährstoffbilanz des Bodens bestimmte Mengen des anfallenden Derbholzes auf der Fläche verbleiben. Dadurch würde es möglich, auf solchen Böden in späteren Entwicklungsstufen wertvolleres Stammholz zu nutzen und somit über die Bewirtschaftung die Nachhaltigkeit des Bodens zu steuern.

  Es zeichnet sich anhand der bislang vorliegenden Ergebnisse ab, dass sich Standorte mit negativen Nährstoffbilanzen über entsprechende forstliche Eingriffe und die damit verbundenen Basenrückführungen steuern und in bestimmten Entwicklungsphasen auch stabilisieren lassen.

VI.12 Sachsen

Die Waldzustandserhebung 2002 weist für 18 % der sächsischen Waldfläche deutliche, für 41 % schwache sowie für 41 % keine okular erkennbaren Schäden aus. Im Verlauf des gesamten 12-jährigen Beobachtungszeitraumes (1991 bis 2002) hat sich der Kronenzustand der Waldbäume insgesamt verbessert. Der geringfügige Anstieg der Schäden gegenüber dem Vorjahr ist noch nicht als Trendwende zu werten. Insgesamt wurden 6 816 Bäume in 284 Waldbeständen begutachtet. Hinsichtlich der Hauptbaumarten und Wuchsgebiete gilt:

– Für die Fichte, in diesem Jahr zu 18 % deutlich geschädigt, veranschaulicht die Zeitreihe eine kontinuierliche Verbesserung des Gesundheitszustandes. Obwohl die Schäden 2002 wieder leicht zugenommen haben, bleiben sie unter dem Mittel aller Baumarten. Der Befall durch den Buchdrucker, dem gefährlichsten Schädling in alten Fichtenbeständen, war wiederum gering.

– In den vergangenen Jahren waren die Kiefern durch ein vergleichsweise niedriges Schadniveau gekennzeichnet. Gegenwärtig zeigen sie auf 14 % der Fläche deutliche Schäden. Nach einem starken Rückgang der Schäden zu Anfang der 90er-Jahre ist allerdings wieder ein leichter Anstieg zu beobachten. In den kieferndominierten Gebieten setzte sich der Anstieg der Populationsdichten der Nonne fort und es kam kleinflächig bereits zu ersten Fraßschäden.

– Die Eichen weisen ein vergleichsweise hohes Schadniveau auf. Allerdings hat sich ihr Kronenzustand seit drei Jahren positiv entwickelt. Die deutlichen Schäden (31 %) bewegen sich wieder auf dem Niveau von Anfang der 90er-Jahre. Wesentlich hierzu beigetragen haben die seit 1997 abnehmenden Fraßschäden durch Schmetterlingsraupen und günstige Witterungsbedingungen.

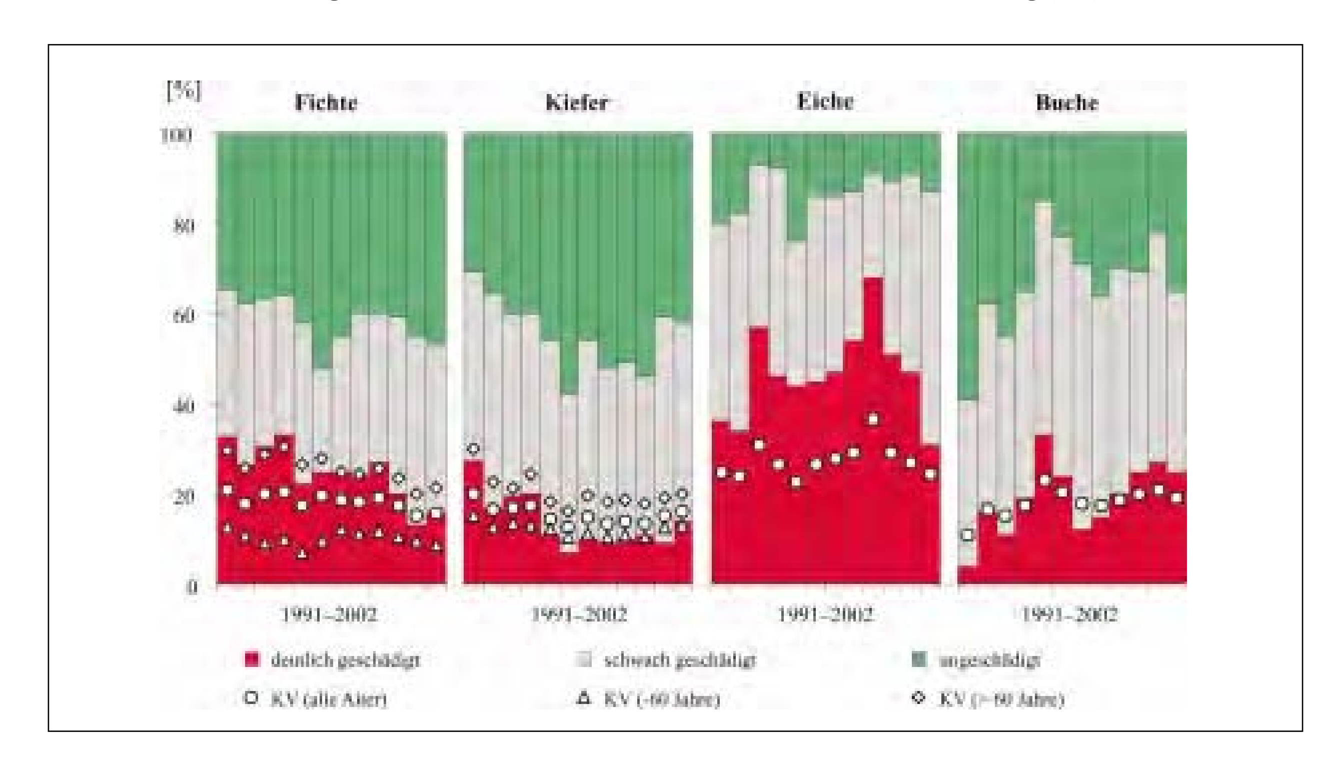
– Bei der Buche erhöhten sich die deutlichen Schäden innerhalb der zurückliegenden zwölf Jahre auf 25 %. Abgesehen von einigen kurzzeitigen Erholungsphasen hat sich ihr Kronenzustand kontinuierlich verschlechtert.

Bei verschiedenen Laubbaumarten zeigten sich Verfärbungen und Nekrosen an den Blättern. Sie haben unterschiedliche Ursachen, wobei Blattpilzen und minierenden Insekten eine besondere Bedeutung zukommt.

Zwischen den Wuchsgebieten variierte der Flächenanteil der deutlichen Schäden von 10 bis 20 %. Die in den vergangenen Jahren wiederholt festgestellte starke regionale Differenzierung der Schäden war damit 2002 wesentlich geringer ausgeprägt. Im Erzgebirge hat sich der Zustand des Waldes in den letzten Jahren spürbar verbessert, auch wenn die Schäden im Vergleich zum Vorjahr wieder leicht zugenommen haben. Waldbestände höheren Schädigungsgrades konzentrieren sich im mittleren und östlichen Erzgebirge, beschränken sich aber nicht mehr – wie in der Vergangenheit – auf das Gebiet der „klassischen Rauchschäden“.

Abbildung 58

Sachsen: Entwicklung der Schadstufenanteile und der mittleren Kronenverlichtung (KV) 1991 bis 2002



Extreme Niederschläge bis zu 340 mm/m² am 12./13. August haben die Bedeutung des Waldes für den Landschaftswasserhaushalt und seine ausgeprägte Hochwasserschutzfunktion ins Bewusstsein gerückt. Die immensen Schäden unterstreichen die Notwendigkeit einer gezielten und umfassenden Waldmehrung in Sachsen. Im Wald traten Hochwasserschäden fast ausschließlich am Wegenetz auf.

Die Stoffbelastungen in den sächsischen Waldökosystemen haben sich im vergangenen Jahrzehnt wesentlich verändert: Die Problematik der Eutrophierung überwiegt oftmals gegenüber der Versauerung, die wiederum wesentlich durch die Stickstoffdeposition und die Verwertung von Stickstoff im Ökosystem bestimmt wird. Trotz vielschichtiger Erfolge in der Umweltpolitik stellen überhöhte Stoffeintragsraten auch weiterhin eine Gefahr für die Waldökosysteme dar.

In den letzten Jahrzehnten hat sich der Zustand der Waldböden teils stark gewandelt: In den meisten Fällen ist die Basensättigung deutlich zurückgegangen und der Säuregrad (pH-Wert) der tieferen Bodenschichten bewegt sich zunehmend im Aluminium-Pufferbereich. Damit hat sich auch die Zusammensetzung der Tonminerale nachteilig verändert.

Die Elementgehalte von Nadeln und Blättern bestätigen den landesweiten Rückgang der SO_2-Immissionen. Er ist im Mittelgebirgsraum besonders deutlich ausgeprägt, sodass Schwefelbelastungen dort das waldbauliche Handeln nicht mehr einschränken. Die Magnesium-Ernährung ungekalkter Fichtenbestände ist vielerorts unzureichend und hat typische Mangel-Chlorosen sowie Nadelverluste zur Folge.

Die sich ändernden Umweltbelastungen haben ebenfalls zu einem Wandel in der Waldbodenvegetation geführt: Verstärkt treten Arten auf, die eine Eutrophierung der Waldstandorte durch den Stickstoff-Eintrag anzeigen. Durch die Ausbreitung dieser nitrophilen Pflanzen werden zunehmend konkurrenzschwache Arten verdrängt. Dagegen dokumentiert die Bioindikation mittels epiphytischer Moose und Flechten einen insgesamt abnehmenden Versauerungsgrad der Umwelt, während gleichzeitig die jahrzehntelange hohe Umweltbelastung erkennbar wird.

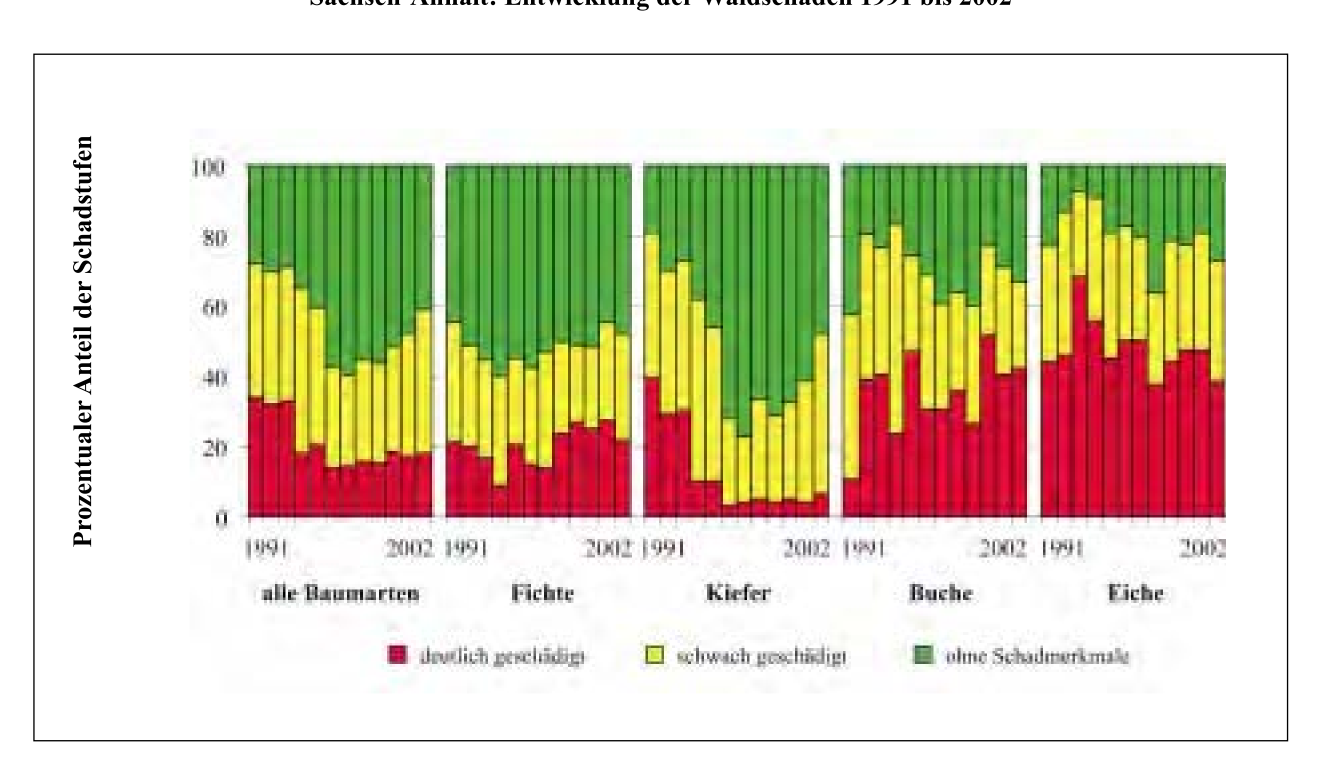
Bodenschutzkalkungen haben sich als eine wichtige Maßnahme zur Stabilisierung der Waldökosysteme erwiesen: Sie wirken sich positiv auf den Bodenzustand, die Ernährung und Vitalität der Waldbäume sowie auf die Zusammensetzung der Bodenvegetation aus.

VI.13 Sachsen-Anhalt

Im Jahr 2002 erfolgte die Waldschadenserhebung in Sachsen-Anhalt erneut im 4 x 4-km-Netz. Dabei wurden an 274 Aufnahmepunkten insgesamt 6 576 Bäume erfasst. Davon entfielen 53 % auf Gemeine Kiefer, 12 % auf Gemeine Fichte, ca. 8 % auf Rotbuche und ca. 10 % auf Eiche (Trauben- und Stieleiche).

Abbildung 59

Sachsen-Anhalt: Entwicklung der Waldschäden 1991 bis 2002



Der Anteil deutlich geschädigter Bäume lag für den Gesamtwald (Zusammenfassung aller Baumarten und Altersbereiche) bei 18 %. Im Vergleich zum Vorjahr ergibt sich ein Anstieg um 1 Prozentpunkt. Nach einem Rückgang in gleicher Größe im davor liegenden Aufnahmezeitraum ist seit 2000 also ein nahezu gleichbleibender Anteil deutlich geschädigter Bäume festzustellen. Allerdings setzte sich die Abnahme des Anteiles äußerlich gesunder Bäume das dritte Jahr hintereinander fort. Somit bestätigt sich für den Gesamtwald die Feststellung aus dem Vorjahr, dass nach dem erheblichen Rückgang der Kronenschäden in der ersten Hälfte der 90er-Jahre seit Mitte des letzten Jahrzehntes eine Tendenz der Verschlechterung erkennbar wird. Hinter den Ergebnissen für den Gesamtwald verbergen sich jedoch unterschiedliche – teilweise gegensätzliche – Entwicklungen der einzelnen Baumarten.

Die allgemein bekannte Altersabhängigkeit bestätigt sich auch für Sachsen-Anhalt. So lag der Anteil deutlich geschädigter Bäume in der Altersgruppe bis 60 Jahre bei 10 % (Vorjahr: 9 %), bei den über 60-jährigen Bäumen dagegen bei 26 % (Vorjahr: ebenfalls 26 %).

- Bei der in Sachsen-Anhalt gegenwärtig verbreitetsten Baumart, der Kiefer, stieg der Anteil deutlicher Schäden um 3 Prozentpunkte auf 7 % an. Dies stellt ausgehend vom niedrigen Ausgangsniveau zwar nahezu eine Verdoppelung dar. Die Kiefer bleibt jedoch nach wie vor die am wenigsten geschädigte Hauptbaumart des Landes. Bemerkenswert ist die Abnahme des Anteiles äußerlich gesunder Kiefern von 61 % im Vorjahr auf 48 % in diesem Jahr. Hierin ist ein klarer, seit drei Jahren bestehender Trend erkennbar, der auf das Gesamtwald-Ergebnis durchschlägt.
- Für die Fichte ergab sich ein Rückgang des Anteiles deutlich geschädigter Bäume um 5 Prozentpunkte auf 22 %. Der Wert liegt etwa auf gleichem Niveau wie 1991, dem Beginn der jetzigen Zeitreihe in Sachsen-Anhalt. Ob mit diesem Ergebnis eine Trendwende der für die zurückliegenden vier Jahre angedeuteten Verschlechterung des Kronenzustandes eingeleitet wird, kann aus der Entwicklung in einem Jahr noch nicht gesagt werden.

  Die Zustandsverbesserung für die Baumart insgesamt ergibt sich in erster Linie aus der Entwicklung in der Altersgruppe über 60 Jahre. In dieser nahm der Anteil deutlicher Schäden von 48 % im Jahr 2001 auf 39 % in diesem Jahr ab.
- Von den Buchen wurden 42 % in die Kategorie „deutlich geschädigt“ eingruppiert. Das entspricht einer geringfügigen Zunahme um 2 Prozentpunkte im Vergleich zum Vorjahr. Damit entwickelte sich die Buche 2002 zur am stärksten geschädigten Hauptbaumart des Landes. Die Erhöhung des Anteiles deutlich geschädigter Buchen resultiert ausschließlich aus dem Anstieg der Kronenschäden in der Gruppe der über 60-jährigen Bäume. Hier muss erwähnt werden, dass bei Buche nach lediglich einjähriger Unterbrechung erneut ein Fruktifikationsjahr zu verzeichnen war. Die Zunahme der deutlichen Schäden fiel in diesem Jahr jedoch erheblich geringer aus als in zurückliegenden Fruktifikationsjahren.
- Von allen Hauptbaumarten konnte die Eiche ihren Kronenzustand im zurückliegenden Jahr am stärksten verbessern. Der Anteil deutlich geschädigter Bäume sank auf 39 %, d. h. um 8 Prozentpunkte gegenüber dem Vorjahr. Damit liegt das Schadniveau jedoch nach wie vor sehr hoch. Ebenso wie bei Buche, ist noch immer mehr als jede zweite über 60-jährige Eiche deutlich geschädigt.

VI.14 Schleswig-Holstein

Das Ergebnis der Waldschadenserhebung unterscheidet sich in diesem Jahr nur geringfügig von dem des letzten Jahres. Der Anteil der Bäume in den Schadstufen 2 bis 4 ist mit 24 % praktisch unverändert geblieben.

Nachdem seit 1993 ein stetiger Anstieg der Waldschäden zu verzeichnen ist und das stressbedingte schlechte Ergebnis der Buchen im Jahr 2000 zu einem deutlich höheren Anteil der geschädigten Bäume geführt hatte, stabilisierte die günstige Witterung der letzten beiden Jahre die Schadensentwicklung.

Der Zustand der Buchen hat sich in diesem Jahr trotz reichlichem Bucheckernanhang auf dem Vorjahreszustand stabilisiert. Nachdem die Eichen in den vergangenen Jahren ihre Blattmasse durch den Verlust von Feinreisig verringert haben, hat die Witterung dieses Jahres dazu beigetragen die Belaubung intensiver werden zu lassen. Die Blattverluste in den Schadstufen 2 bis 4 fallen mit 23 % in diesem Jahr um 6 % deutlich geringer aus als im Vorjahr. Bei den Fichten haben sich die Erwartungen, dass die gute Wasserversorgung zu einer weiteren Erholung führt, nicht erfüllt. Die Fichten haben in den Schadstufen 2 bis 4 um 3 % zugenommen.

Die Kiefer bleibt auch weiterhin die am wenigsten geschädigte Hauptbaumart. In diesem Jahr haben die deutlichen Nadelverluste in den Schadstufen 2 bis 4 allerdings deutlich um 9 % zugenommen, ein Niveau welches bereits 1998 einmal erreicht wurde. Die Vergilbung der Kiefernnadeln spielt in diesem Jahr keine Rolle.

Abbildung 60

Schleswig-Holstein: Entwicklung der Waldschäden aller Baumarten seit 1986

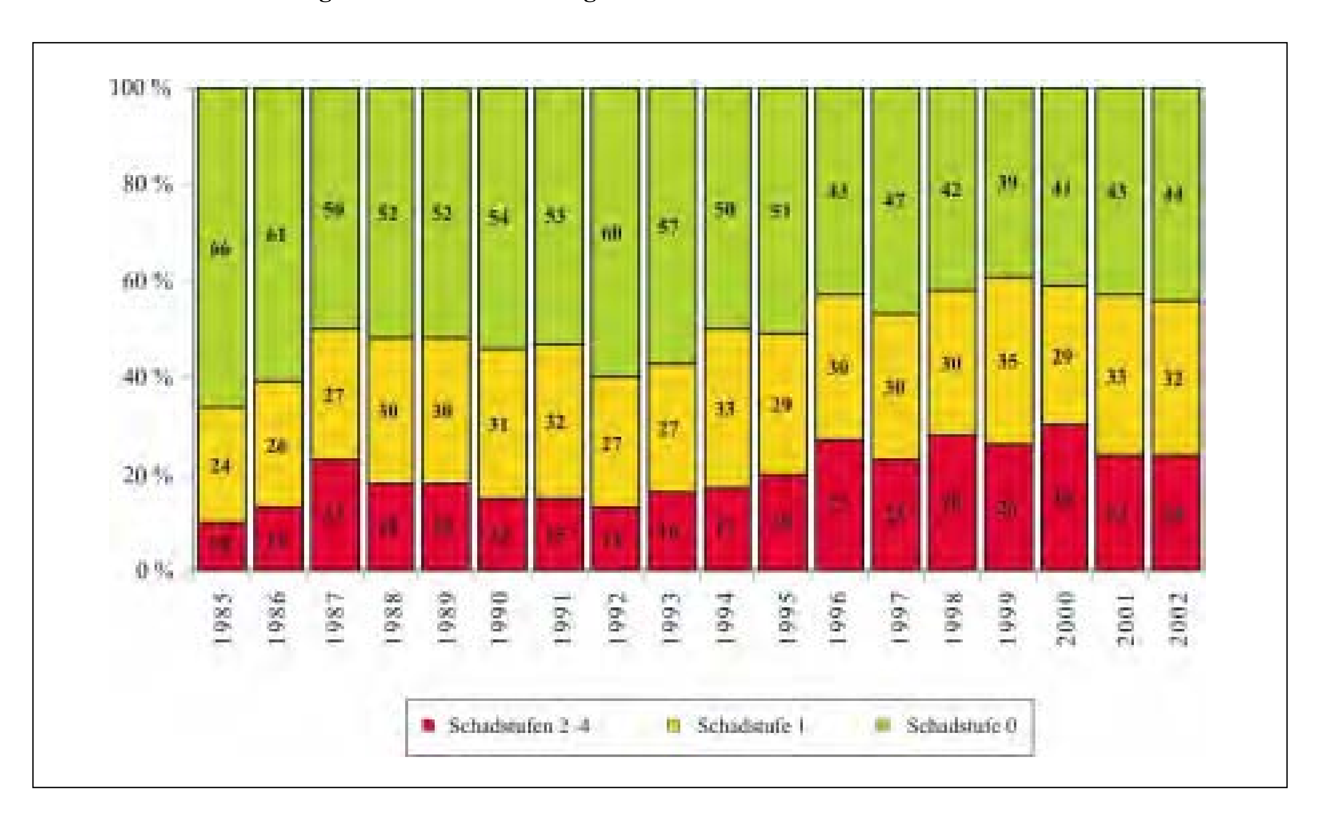


Tabelle 2

Schleswig-Holstein: Ergebnisse der Waldschadensaufnahme nach Baumarten und Altersgruppen (Vorjahreswerte in Klammern)

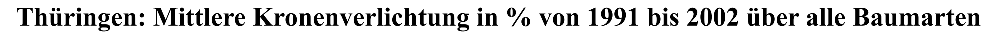
Angaben in % der Baumartenfläche der Altersgruppe												
	Schadstufen 1 bis 4						Schadstufen 2 bis 4					
Baumart	**bis 60-jährig**		**über 60-jährig**		**insgesamt**		**bis 60-jährig**		**über 60-jährig**		**insgesamt**	
Fichte	30	(30)	96	(92)	60	(59)	8	(8)	61	(54)	32	(29)
Kiefer	75	(53)	77	(60)	76	(58)	15	(3)	18	(13)	17	(8)
Buche	13	(16)	88	(90)	66	(68)	2	(1)	49	(48)	36	(34)
Eiche	12	(15)	78	(86)	53	(58)	1	(2)	36	(46)	23	(29)
sonstige BA	38	(34)	47	(53)	41	(40)	14	(12)	13	(14)	14	(13)
alle BA	34	(32)	78	881)	56	(57)	10	(8)	39	(39)	24	(24)

VI.15 Thüringen

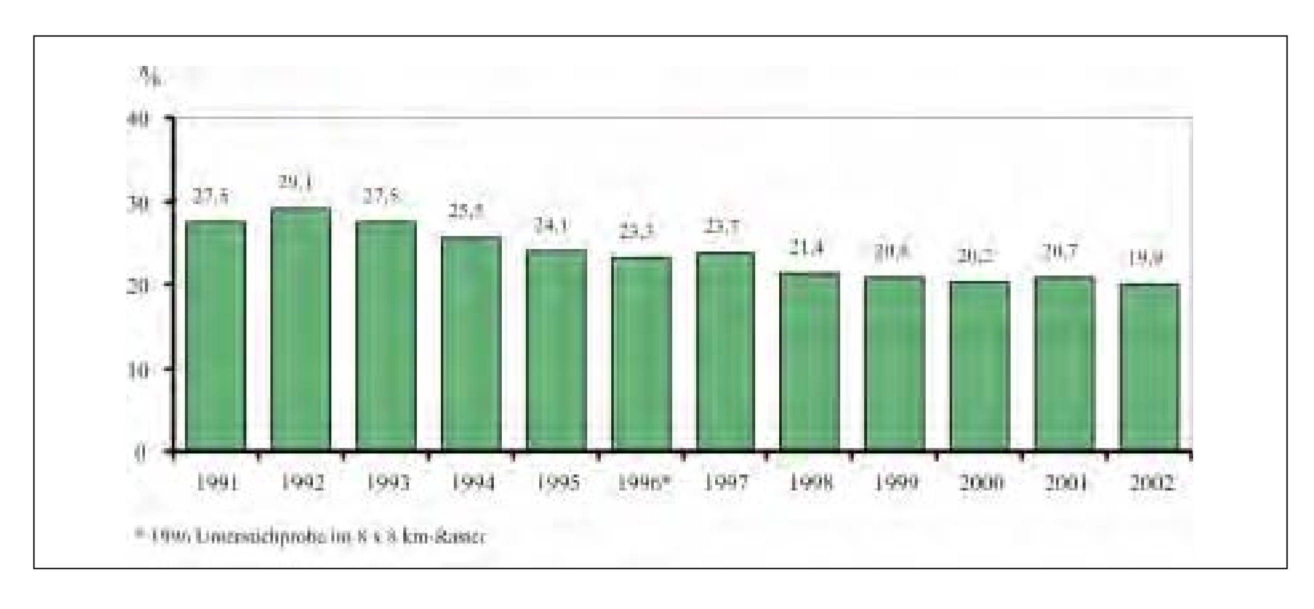
Die Waldschadenserhebung in Thüringen erfolgte auch im Jahr 2002 in Form einer Vollstichprobe im 4 x 4 km-Raster. Der Kronenzustand der Waldbäume zeigt in diesem Jahr das beste Ergebnis seit Beginn der Erhebungen 1991.

Die mittlere Kronenverlichtung hat sich von 29,1 % im Jahre 1992 auf 19,9 % im Jahr 2002 verringert (Abbildung 61). Nach einem geringfügigen Anstieg im letzten Jahr hat sich dieses Jahr der seit 1993 festgestellte Verbesserungstrend fortgesetzt. Die jährlichen Veränderungen

Abbildung 61



Thüringen: Mittlere Kronenverlichtung in % von 1991 bis 2002 über alle Baumarten



seit 1998 bewegen sich allerdings in einem sehr engen Bereich. Der Rückgang der Kronenverlichtung resultiert vor allem aus einer Verbesserung des Belaubungszustandes der Laubbäume.

Hinsichtlich der mittleren Kronenverlichtung ergibt sich bei den vier Hauptbaumarten folgende Rangfolge:

Fichte:	17,0 %	(2001: 17,9 %)
Buche:	22,1 %	(2001: 24,1 %)
Kiefer:	22,8 %	(2001: 22,1 %)
Eiche:	24,2 %	(2001: 26,6 %)

Die Waldschadenserhebung 2002 weist in Thüringen

- 25 % der Waldfläche als deutlich geschädigt (Schadstufen 2 bis 4),
- 45 % als schwach geschädigt (Schadstufe 1) und
- 30 % ohne Schadmerkmale (Schadstufe 0) aus.

Die Laubbäume sind in Thüringen stärker geschädigt als die Nadelbäume. Insgesamt stehen einem Anteil von 22 % gesunden Laubbäumen 34 % gesunde Nadelbäume gegenüber. 31 % der Laubbäume weisen deutliche Schäden auf, bei den Nadelbäumen sind es 22 %.

Die starke Abhängigkeit der Schadsymptome vom Alter hat sich auch 2002 bestätigt. Mit zunehmendem Alter weisen die Bäume stärkere Kronenverlichtungen auf. Bei allen Baumartengruppen weisen die über 60-jährigen Bäume häufiger deutliche Schäden auf als jüngere. In der Summe aller Baumarten stehen einem Flächenanteil der deutlich geschädigten Bäume über 60 Jahre von 33 % lediglich 12 % bei den jüngeren Bäumen gegenüber.

- Bei der Fichte hat die mittlere Kronenverlichtung im Vergleich zum Vorjahr leicht abgenommen und beträgt dieses Jahr 17,0 %. Der Flächenanteil deutlicher Schäden hat sich im Vergleich zum Vorjahr um 4 Prozentpunkte verringert. Damit bleibt die Fichte in Thüringen die Baumart mit den geringsten sichtbaren Schäden. Aufgrund des hohen Flächenanteils der Fichte in Thüringen beeinflusst deren Kronenzustand wesentlich das Gesamtergebnis der Waldschadenserhebung im Freistaat.
- Die Kiefer hat sich in ihrem Kronenzustand geringfügig verändert. Die mittlere Kronenverlichtung beträgt in diesem Jahr 22,8 % und ist damit wieder leicht angestiegen. Seit 1998 bewegt sich die Kronenverlichtung auf diesem Niveau. Der Flächenanteil der deutlichen Schäden hat sich im Vergleich zum Vorjahr nur geringfügig geändert, jedoch hat sich der Flächenanteil leicht geschädigter Kiefern um 4 Prozentpunkte erhöht.
- Bei der Buche konnte in diesem Jahr das geringste Schadniveau des gesamten Beobachtungszeitraums (seit 1991) festgestellt werden. Mit einem Anteil deutlicher Schäden von 33 % konnte diese Schadstufe um 5 Prozentpunkte gegenüber dem Vorjahr verringert werden. Als leicht geschädigt gelten 45 % der Buchen, 22 % sind gesund.
- Die Kronenansprache 2002 erbrachte für die Eiche ein gutes Ergebnis. Die mittlere Kronenverlichtung liegt bei 24,2 % – das beste Ergebnis seit Beginn der Beobachtungen.

  Die Verbesserung des Kronenzustandes wird auch bei der Betrachtung der prozentualen Schadstufenanteile deutlich. Die deutlichen Schäden haben abgenommen, es gibt mehr leicht und ungeschädigte Eichen im Vergleich zum Vorjahr. Trotzdem bleibt die Eiche in Thüringen die am stärksten geschädigte Baumart.

VII Glossar

Alkalinität	Ein Weiser für den Grad der Bodenversauerung: Die Alkalinität entspricht der Äquivalentsumme von basischen Kationen, die nicht von mobilen Anionen (Nitrat, Sulfat, Chlorid) begleitet werden.
Autochthon	Bodenständig, am Ort entstanden, nicht durch den Menschen verändert.
Aciditätsgrad	Ein Weiser für den Grad der Bodenversauerung: Als Aciditätsgrad wird der Anteil an Säurekationen an der gesamten Kationensumme (ohne Ammonium) bezeichnet.
Basen	Basen sind die Nährstoffe Calcium, Magnesium, Kalium und Natrium.
Bestand	Abgrenzbare Waldfläche, die sich in Struktur, Alter und Baumartenzusammensetzung von angrenzenden Flächen unterscheidet.
Bioindikatoren	Organismen, die auf bestimmte äußere Einflüsse reagieren und deshalb zum Nachweis von Schadstoffen in Luft, Wasser oder Boden dienen können.
Biomasse	Gesamtheit der organischen Substanz eines Lebensraumes.
Bodenacidität	Verhältnis von Säuren zu Basen im Boden. Bei hoher Acidität herrschen die Säuren vor.
Bodenzustandserhebung (BZE)	Auf dem Stichprobennetz (➔ Level I-Monitoring) durchgeführte Untersuchung des Waldbodens und des Ernährungszustandes der Waldbäume. Die erste Bodenzustandserhebung wurde im Zeitraum 1987 und 1993 durchgeführt. Teil des ➔ forstlichen Umweltmonitorings.
Chlorose	Krankheitssymptom bei Pflanzen: Bleichwerden von Nadeln und Blättern; bei den neuartigen Waldschäden ein typisches Merkmal bei Fichten in Hochlagenerkrankung; verursacht durch Magnesiummangel, ähnliche Krankheitsbilder treten bei Kalium- und Eisenmangel auf.
Critical Levels	Schwellenwerte für Luftschadstoffkonzentrationen, bei denen nach bisherigem Wissen noch keine nachweisbaren direkten Vegetationsschäden zu erwarten sind.
Critical loads	Schwellenwerte für Schadstoffeinträge, bei denen nach bisherigem Wissen noch keine nachweisbaren schädlichen Veränderungen der Ökosysteme in Struktur und Funktion zu erwarten sind.
Deposition	Eintrag in ein ➔ Ökosystem (z. B. Eintrag von Schadstoffen durch die Luft und mit dem Regen in ein Waldökosystem).
Emission	Ausstoß (z. B. von Schadstoffen) in die Luft.
Eutrophierung	Nährstoffüberangebot, das unerwünschte Auswirkungen (z. B. Beeinträchtigungen des Nährstoffgleichgewichtes) haben kann.
forstliches Umweltmonitoring	Überwachung des Waldzustandes mit dem Ziel, Schäden und andere Veränderungen der Waldökosysteme frühzeitig zu erkennen, um geeignete Maßnahmen zum Schutz des Waldes zu treffen. Es umfasst das ➔ Level I-Monitoring, das ➔ Level II-Monitoring und die ➔ Waldökosystemforschung.
ha	Hektar, Flächenangabe: 100 x 100 m bzw. 10 000 m^2.
Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung	Angabe der in 5 %-Stufen angesprochenen ➔ Kronenverlichtung nach ihrer Häufigkeit. Sie lässt erkennen, ob viele Bäume im Bereich der Schadstufengrenzen liegen.

Hiebsatz	Bei der betrieblichen Planung für einen Forstbetrieb festgelegte Holzmenge, die in einer bestimmten Zeitperiode nachhaltig genutzt werden soll.
Immissionen	Hier: Einwirkung von Luftverunreinigungen auf die Umwelt, bei Gasen gemessen als Konzentration in der Luft.
Integrierende Auswertungen	Verknüpfungen der auf dem Stichprobennetz erhobenen Daten (➔ Waldschadenserhebung, ➔ Bodenzustandserhebung und ➔ Nadel-/Blattanalysen sowie ➔ Level II) mithilfe mathematisch-statistischer Methoden. Bei diesen Untersuchungen werden – soweit möglich – auch Daten anderer Messnetze (z. B. Klima, Schadstoffeinträge) einbezogen.
Integrierter Pflanzenschutz	Eine Kombination von Verfahren, bei denen unter vorrangiger Berücksichtigung biologischer, biotechnischer, pflanzenzüchterischer sowie anbau- und kulturtechnischer Maßnahmen die Anwendung chemischer Pflanzenschutzmittel auf das notwendige Maß beschränkt wird.
Kationensäuren	Eisen- und Aluminiumionen.
Kronenverlichtung	Im Rahmen der ➔ Waldschadenserhebung eingeschätzter Verlust/ Minderaustrieb von Nadeln und Blättern an Waldbäumen. Zunehmende Kronenverlichtung ist ein Alarmsignal, das eine Gefährdung der Wälder anzeigt.
Level I-Monitoring	Überwachung des Waldzustandes auf dem flächendeckenden, systematischen Stichprobennetz mit repräsentativen Ergebnissen für den gesamten Wald. Das Level I-Monitoring umfasst die jährliche ➔ Waldschadenserhebung, die ➔ Bodenzustandserhebung und Untersuchungen des Ernährungszustandes der Waldbäume (➔ Nadel-/ Blattanalysen). Teil des ➔ forstlichen Umweltmonitorings.
Level II-Monitoring	Intensive Untersuchungen des Waldzustandes an ausgewählten Dauerbeobachtungsflächen (Fallstudien) zur Untersuchung der Ursache-Wirkungsbeziehungen zwischen Waldökosystemen und den sie beeinflussenden Faktoren. Teil des ➔ forstlichen Umweltmonitorings.
Mittlere Kronenverlichtung	Mittelwert der in 5 %-Stufen eingeschätzten ➔ Kronenverlichtung der Einzelbäume.
Nadel-/Blattanalysen	Im Rahmen der ➔ Bodenzustandserhebung im Wald durchgeführte Analysen der Elementgehalte von Nadeln und Blättern zur Bestimmung des Ernährungszustandes der Waldbäume.
Nadel-/Blattspiegelwerte	Nährstoffgehalte in Nadel bzw. Blättern.
Nadel-/Blattverlust	➔ Kronenverlichtung.
Nekrose	Absterben von Gewebe (hier: von Pflanzenteilen).
Neuartige Waldschäden	Seit Ende der 70er-Jahre an allen Baumarten beobachtete Waldschäden, die im Gegensatz zu den früher beobachteten so genannten ➔ Rauchschäden großflächig und auch fernab von Industrieanlagen auftreten. Eine Schlüsselrolle bei den Einflussfaktoren spielen Luftschadstoffe.
Ökosystem	Beziehungsgefüge von Lebewesen untereinander und mit ihrer Umwelt.
Perzentilbereich	Bereich einer Häufigkeitsverteilung. So liegen z. B. 75 % aller gemessenen Werte innerhalb des 75-Perzentil. Perzentilbereiche werden als relativer Bewertungsmaßstab verwandt.

Phänologische Daten	Daten über die jahreszeitlichen Vegetationsabschnitte eines Baumes (z. B. Blühbeginn, Zeitpunkt der Blattentfaltung, Beginn der jährlichen Laubfärbung).
pH-Wert	Maß für den Säuregrad einer Lösung. Der Säuregrad wird durch die Anzahl der Wasserstoffionen in einem bestimmten Volumen der Lösung festgelegt. Die pH-Wert-Skala reicht von 0 bis 14. Als neutral bezeichnet man eine Lösung mit einem pH-Wert von 7, für Säuren liegt der pH-Wert zwischen 0 und 7, für Laugen zwischen 7 und 14.
Pufferung	Fähigkeit (z. B. von Waldböden), den ➔ pH-Wert trotz Zufuhr von Säuren oder Basen durch chemische Prozesse konstant zu halten.
Rauchschäden	Bereits in früheren Jahrhunderten in der Nähe von Industrieanlagen, vornehmlich Hüttenwerken, beobachtete Waldschäden, die auf schwefelhaltige Abgase (z. B. Schwefeldioxid) zurückgeführt wurden.
Sickerwasser	Wasser, das sich im Boden der Schwerkraft folgend bewegt.
Stoffbilanz	Gegenüberstellung von Stoffaus- und Stoffeinträgen eines Systems.
Transnationales Stichprobennetz	Für die Überwachung des Waldzustandes auf europäischer Ebene eingerichtetes Stichprobennetz, das derzeit 35 Staaten mit einem grenzüberschreitenden 16 x 16 km-Raster überzieht. ➔ Level I-Monitoring.
Waldschadenserhebung (WSE)	Jährlich auf dem Stichprobennetz (➔ Level I-Monitoring) durchgeführte Ansprache der ➔ Kronenverlichtung und der Vergilbung von Nadeln und Blättern an Waldbäumen. Die Ergebnisse der Waldschadenserhebung dienen als Weiser für die Vitalität der Wälder. Teil des ➔ forstlichen Umweltmonitorings.

Seite

VIII Anlagen

Anlage 1

Zum Verfahren der Waldschadenserhebung

Ansprache der Kronenverlichtung

Für jeden Probebaum wird die Kronenverlichtung im Vergleich zu einem voll belaubten Referenzbaum in 5 %-Stufen eingeschätzt. Dabei werden nur die Bereiche der Baumkrone berücksichtigt, die sich ohne störende Einflüsse durch benachbarte Baumkronen oder Lichtmangel entwickeln konnten.

Da die Regulierung der Kronendichte in einem gewissen Rahmen eine vitale Reaktion der Bäume auf verschiedene äußere Stressoren sein kann, darf nicht jede Kronenverlichtung als Waldschaden interpretiert werden. Kronenverlichtungen sind jedoch in jedem Fall ein Indikator für Belastungen. Zunehmende Kronenverlichtungen sind ein Alarmsignal, das eine Gefährdung der Wälder anzeigt.

Schadstufen

Schadstufen ergeben sich aus einer Kombination von Kronenverlichtungen und Vergilbungen.

	Verlichtungs-stufe	Verlichtungs-prozent	Vergilbung der vorhandenen Nadeln/Blätter				
			0	1	2	3	Vergilbungsstufe
			0–10 %	11–25 %	26–60 %	61–100 %	Vergilbungsprozent
Kronen-verlichtung	0	*0–10 %*	**0**	**0**	**1**	**2**	Schadstufe
	1	*11–25 %*	**1**	**1**	**2**	**2**	
	2	*26–60 %*	**2**	**2**	**3**	**3**	
	3	*61–99 %*	**3**	**3**	**3**	**3**	
	4	*100 %*	4 (abgestorben)				

Der Forschungsbeirat Waldschäden/Luftverunreinigungen hat dazu in seinem 3. Bericht (1989) festgestellt:

„Die Stufe 0 „gesund“ oder „ohne Schadmerkmale“ wurde mit 0 bis 10 % Nadel- bzw. Blattverlust eng gefasst. Dies ist verständlich, wenn man die ersten Bonitierungen der Dauerbeobachtungsflächen Ende der 70er- oder Anfang der 80er-Jahre betrachtet. Hier lagen die durchschnittlichen Nadel- bzw. Blattverluste häufig in diesem Bereich. Die Bäume der Stufe 1 mit 11 bis 25 % Nadel- bzw. Blattverlust wurden als „kränkelnd“ oder „schwach geschädigt“ bezeichnet. Die bisherigen Erfahrungen und Untersuchungen haben aber gezeigt, dass die natürlichen Schwankungen der Benadelungs- bzw. Belaubungsdichte in diese Stufe hineinreichen. Sie ist deshalb als „Übergangsstufe“ oder „Warnstufe“ zu interpretieren. Für die Darstellung der Schadenserhebungen folgt daraus, dass erst von der Schadstufe 2 ab, d. h. bei mehr als 25 % Nadel- bzw. Blattverlust eindeutige Schäden festzustellen sind, dass also nur die Stufen 2 bis 4 die geschädigte Waldfläche repräsentieren. Sie können deshalb auch zusammengefasst in Tabellen, Graphiken oder Karten als „deutliche Schäden“ dargestellt werden. Die Stufen 0 und 1 sind jeweils getrennt aufzuführen.“

Mittlere Kronenverlichtung

Der Bericht über den Zustand des Waldes enthält neben den Schadstufen als ergänzendes Instrument der Ergebnisdarstellung die mittlere Kronenverlichtung. Sie ist der Mittelwert der in 5 %-Stufen eingeschätzten Kronenverlichtung aller Einzelbäume.

Die mittlere Kronenverlichtung charakterisiert den Kronenzustand unabhängig von den festgelegten Schadstufengrenzen. Allerdings ist aus ihr nicht die Bandbreite der Verlichtungsgrade ersichtlich.

Häufigkeitsverteilung der Kronenverlichtung

Die Verteilung der in 5 %-Stufen angesprochenen Kronenverlichtung nach ihrer Häufigkeit ermöglicht im Vergleich mit dem Vorjahr eine detaillierte Aussage zum Bereich der Veränderungen.

Stichprobenverfahren

Die Waldschadenserhebung wird in Deutschland jährlich auf einem bundesweiten systematischen Stichprobennetz durchgeführt.

In den meisten Ländern werden die Stichprobenbäume nach folgendem Verfahren ausgewählt: An jedem Probepunkt werden im Abstand von 25 m in den vier Haupthimmelsrichtungen jeweils die sechs nächsten Bäume als Probebäume dauerhaft markiert. Dabei werden nur vorherrschende, herrschende und mitherrschende Bäume des Bestandes berücksichtigt. Ausscheidende Probebäume werden durch ihren nächsten Nachbarn ersetzt. Die Aufnahmen erfolgen im Juli und August eines jeden Jahres.

Seit Beginn der Waldschadenserhebung werden forstlich ausgebildete und speziell geschulte Teams eingesetzt. Landes-, bundes- und europaweite Abstimmungen dienen dazu, die Vergleichbarkeit und Objektivität der Erhebungen zu gewährleisten.

Anlage 2

Zustand der Waldböden in Deutschland

– Ergebnisse der Bodenzustandserhebung im Wald (BZE) und der Bodenuntersuchungen auf Level II-Ebene

Im Zeitraum 1987 bis 1993 wurde an ca. 1 800 Stichprobenpunkten eine Bodenzustandserhebung im Wald durchgeführt. Sie zeigt eine flächendeckende, weitgehend substratunabhängige Versauerung und Basenverarmung der Oberböden.

– Mehr als 80 % der carbonatfreien Standorte weisen in einer Bodentiefe von 10 cm bis 30 cm einen pH-Wert unter 4,2 auf und bei mehr als 60 % der BZE-Punkte liegt die Basensättigung unter 15 %. Die aufgrund der Mannigfaltigkeit der Ausgangsgesteine und Bodenbildungsprozesse erwartete Vielgestaltigkeit der Waldböden kommt in der geringen Streubreite bodenchemischer Parameter nicht mehr zum Ausdruck.

– Entgegen den Erwartungen sind die bei der BZE gefundenen pH-Werte generell niedriger sowie das Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff kleiner als dies aus der Vergangenheit bekannt war. Diese Disharmonie deutet auf erhebliche Störungen der natürlichen bodenökologischen Prozesse durch atmosphärische Einträge hin.

– Durch den Eintrag starker Säuren, für deren Neutralisation die meisten Silikatverwitterungsböden keine Pufferreserven mehr haben, kann eine Gefährdung von Quell- und Grundwasser durch Mobilisierung von Kationensäuren (Aluminium, Eisen) bei bestimmten hydrogeologischen Verhältnissen nicht ausgeschlossen werden.

– Kritische Konzentrationen von Schwermetallen, bei deren Überschreitung mit einer Beeinträchtigung der Bodenorganismen zu rechnen ist, werden für Kupfer und für Blei an 35 % bzw. 25 % der BZE-Punkte überschritten.

– Nadel-/Blattanalysen ergaben regional und für einzelne Baumarten einerseits Überversorgung mit Stickstoff und Schwefel sowie andererseits Nährstoffmangelerscheinungen bei wichtigen Pflanzennährstoffen wie Calcium, Kalium und Magnesium.

Untersuchungen auf Level II-Ebene ergänzen diese Befunde. Gegenwärtig wird an 79 Standorten nach einheitlichen Verfahren das Bodensickerwasser verschiedener Bodentiefen beprobt. Da die untersuchten Standorte ein großes Standortspektrum sowie sehr unterschiedliche Belastungsverhältnisse hinsichtlich der Stoffeinträge abdecken, bilden die erhobenen Daten eine gute Basis zur eingehenden Untersuchung der Wirkung der Stoffeinträge auf den chemischen Bodenzustand. Wesentliche Ergebnisse sind:

– Die Alkalinität im Wurzelraum von etwa 90 % der untersuchten Level II-Standorte ergab Werte nahe Null oder negative Werte; diese Standorte sind als „akut versauerungsgefährdet“ bis „versauert“ anzusehen.

– Der Aciditätsgrad der Bodenlösung liegt bei zwei Dritteln der bislang 69 untersuchten Level II-Standorte bei Werten über 40 % („sauer“) und bei 15 % der Standorte sogar über 70 % („sehr sauer“).

– Auch das Verhältnis basischer Kationen (K, Ca, Mg) zu Aluminium (BC/Al-Verhältnis) – ein häufig verwendeter Weiser für den Versauerungszustand der Bodenlösung und für Säurestress der Bäume – kommt zu ähnlichen Ergebnissen.

Anlage 3

Europäische Waldzustandserhebung 2001: Ergebnisse der nationalen Erhebungen[19]

Teilnehmerstaaten	Waldfläche (1 000 ha)	Anzahl Probe-punkte	Anzahl Probe-bäume	Nadel-/Blattverlust aller Baumarten, nationale Erhebungen		
				0	1	2 bis 4
Albanien	1 028	216	6 480	51,5	38,3	10,2
Belgien	691	142	3 374	42,1	40,0	17,9
Bulgarien	3 314	120	4 323	31,6	34,6	33,8
Dänemark	445	52	1 248	58,6	34,0	7,4
Deutschland	10 264	446	13 478	35,7	42,4	21,9
Estland	2 249	89	2 136	49,0	42,5	8,5
Finnland	20 032	454	8 579	56,8	32,3	10,9
Frankreich	14 591	519	10 373	44,2	35,5	20,3
Griechenland[a]	2 512	76	1 792	38,8	39,5	21,7
Irland	436	21	420	55,2	27,4	17,4
Italien	8 675	265	7 351	20,3	41,3	38,4
Jugoslawien	2 858	114	2 674	65,2	20,8	14,0
Kroatien	2 061	81	1 941	36,1	38,9	25,0
Lettland	2 888	365	8 695	18,2	66,2	15,6
Liechtenstein	8	keine Erhebung in 2001				
Litauen	1 858	286	6 664	14,6	73,7	11,7
Luxemburg	89	keine Erhebung in 2001				
Moldawien	318	580	14 058	32,4	30,7	36,9
Niederlande	334	11	231	56,3	23,8	19,9
Norwegen	12 000	1 647	7 891	32,0	40,8	27,2
Österreich	3 878	260	7 002	57,7	32,6	9,7
Polen	8 756	1 180	23 600	9,9	59,5	30,6
Portugal	3 234	144	4 320	46,3	43,6	10,1
Rumänien	6 244	4 221	110 190	62,5	24,2	13,3
Russische Föderation[b]	7 610	130	2 966	41,7	48,5	9,8
Schweden	23 400	4 139	16 442	52,1	30,4	17,5
Schweiz	1 186	49	1 073	33,7	48,1	18,2
Slowakei	1 961	110	4 241	15,5	52,8	31,7
Slowenien	1 099	41	984	31,4	39,7	28,9
Spanien	11 792	620	14 880	28,9	58,1	13,0
Tschechische Republik	2 630	139	6 808	11,3	36,6	52,1
Türkei	20 199	keine Erhebung in 2001				
Ukraine	9 316	71	1 685	6,1	54,3	39,6
Ungarn	1 787	1 141	26 808	37,0	41,8	21,2
Vereinigtes Königreich	2 156	341	8 184	32,4	46,5	21,1
Weißrussland	6 001	407	9 652	18,0	61,3	20,7
Zypern	298	15	360	25,8	65,3	8,9
Gesamt	**198 198**	**18 492**	**340 903**			

[a] ohne Macchia.

[b] Leningrad und Pskov Region.

[19] Die nationalen Erhebungen weisen z. T. deutlich höhere Stichprobenumfänge auf als das europaweite 16 x 16 km-Netz.

Anlage 4

Protokolle des „Genfer Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung“

1. Genfer Protokoll über die langfristige Finanzierung des kooperativen Programmes zur Überwachung und Bewertung der weiträumigen grenzüberschreitenden Luftverschmutzungen in Europa (Finanzierungsprotokoll „EMEP“, 1984)
2. Helsinki-Protokoll zur Reduzierung von Schwefelemissionen („Erstes Schwefelprotokoll“, 1985)
3. Sofia-Protokoll zur Reduzierung der Stickstoffoxidemissionen („Stickstoffprotokoll“, 1988)
4. Genfer Protokoll zur Reduzierung der Emissionen flüchtiger organischer Substanzen („VOC-Protokoll“, 1991)
5. Oslo-Protokoll über die weitere Reduzierung der Schwefelemissionen („Zweites Schwefelprotokoll“, 1994)
6. Arhus-Protokoll zu Schwermetallen („Schwermetallprotokoll“, 1998)
7. Arhus-Protokoll zu persistenten organischen Schadstoffen („POP-Protokoll“, 1998)
8. Göteborg-Protokoll zur Verminderung von Versauerung, Eutrophierung und bodennahem Ozon („Multikomponentenprotokoll“, 1999)

Anlage 5

Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“: Förderung von Maßnahmen, die dem Ziel eines naturnahen Waldumbaus unmittelbar zugute kommen (Gesamtförderung durch Europäische Union, Bund und Länder)

Jahr	Umstellung auf naturnahe Waldwirtschaft*		Jungbestandspflege		Gesamt
	[ha]	[Mio. Euro]	[ha]	[Mio. Euro]	[Mio. Euro]
1991	860	3,1	12 431	2,9	5,9
1992	904	3,1	20 766	5,2	8,3
1993	1 316	5,2	21 497	5,2	10,3
1994	2 294	8,0	24 919	6,2	14,1
1995	3 106	12,4	23 117	5,8	18,1
Summe 1991 bis 1995	**8 480**	**31,7**	**102 730**	**25,1**	**56,8**
1996	3 979	13,8	24 759	6,3	20,1
1997	3 263	11,9	24 731	6,4	18,3
1998	3 974	14,6	23 882	6,4	21,0
1999	4 730	15,9	25 855	6,6	22,5
2000**	4 569	15,1	21 057	5,6	20,6
Summe 1996 bis 2000	**20 515**	**71,3**	**120 284**	**31,2**	**102,5**
2001**	4 491	14,1	23 308	6,7	20,8
Summe 1991 bis 2001	**33 486**	**117,0**	**246 322**	**63,1**	**180,1**

* Maßnahme hieß bis 1995: „Umbau in standortgerechten Hochwald“.

** Ab 2000 einschließlich Kofinanzierung durch die EU im Rahmen der Verordnung über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums (EAGFL-VO).

Anlage 6

Förderung flankierender forstlicher Maßnahmen aufgrund Neuartiger Waldschäden im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe „Verbesserung der Agrarstruktur und des Küstenschutzes“ (Gesamtförderung durch Europäische Union, Bund und Länder)

Jahr	Bodenschutzkalkung und Kompensationsdüngung		Wiederaufforstung		Vor- und Unterbau		Gesamt
	[ha]	[Mio. Euro]	[ha]	[Mio. Euro]	[ha]	[Mio. Euro]	[Mio. Euro]
1984 bis 1990	**410 000**	**69,0**		**49,1**		**55,5**	**173,6**
1991	69 094	10,0	10 376	26,0	2 675	6,3	42,0
1992	71 839	10,5	6 481	12,1	2 222	5,8	28,4
1993	79 081	11,5	2 714	7,4	4 375	7,6	26,4
1994	73 453	11,5	1 320	4,1	2 896	6,5	22,1
1995	62 933	10,6	1 636	5,1	4 129	7,1	22,8
1991 bis 1995	**356 400**	**53,9**	**22 527**	**54,7**	**16 297**	**33,0**	**141,6**
1996	54 522	8,2	945	3,1	3 122	5,1	16,4
1997	40 331	6,7	852	2,5	1 762	5,1	14,2
1998	47 355	9,2	1 409	1,5	1 553	3,4	14,1
1999	49 285	8,8	808	2,9	3 170	3,7	15,4
2000**	90 295	14,5	1 225	2,1	1 915	3,2	19,8
1996 bis 2000	**281 788**	**47,4**	**5 239**	**12,1**	**11 522**	**20,4**	**79,9**
2001**	67 802	10,2	437	1,6	1 972	3,1	15,0
1984 bis 2000	**1 115 990**	**180,5**	**28 203**	**117,5**	**29 791**	**112,0**	**410,1**

** Ab 2000 einschließlich Kofinanzierung durch die EU im Rahmen der Verordnung über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums (EAGFL-VO).

Anlage 7

Bodenschutzkalkung und Kompensationsdüngung zur Stabilisierung von Waldökosystemen gegen atmogene Säureeinträge

Jahr	Privat- und Körperschaftswald			Staatswald	Gesamt[d]
	im Rahmen der GAK	außerhalb der GAK	Gesamt		
[in 1 000 ha]					
1984 bis 1990	**410**	**–**	**410[a]**	**846[b]**	**1 256**
1991	69	–	69	139	208[c]
1992	72	–	72	100	172[c]
1993	79	–	79	68	147[c]
1994	74	–	74	79	153
1995	63	9	72	79	151
1991 bis 1995	**356**	**9**	**365**	**465**	**830**
1996	55	22	76	79	155
1997	40	31	71	70	141
1998	47	27	74	63	137
1999	49	10	59	65	124
2000**	83	16	99	33	132
1996 bis 2000	**274**	**105**	**379**	**310**	**689**
2001**	68	18	86	39	125
1984 bis 2001	**1 108**	**132**	**1 240**	**1 660**	**2 900**

[a] Nur Privat- und Kommunalwald der alten Länder; ab 1991: in alten und neuen Ländern.
[b] Staatswald in den alten Ländern sowie Staatswald, Privat- und Kommunalwald in der DDR.
[c] Ohne Treuhandwald.
[d] Einschließlich Kofinanzierung durch die EU im Rahmen der Verordnung über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums (EAGFL-VO).
** Ab 2000 einschließlich Kofinanzierung durch die EU im Rahmen der Verordnung über die Förderung der Entwicklung des ländlichen Raums (EAGFL-VO).



Druck: MuK. Medien- und Kommunikations GmbH, Berlin
Vertrieb: Bundesanzeiger Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 13 20, 53003 Bonn, Telefon: 02 28 / 3 82 08 40, Telefax: 02 28 / 3 82 08 44
ISSN 0722-8333